WIADOMOŚCI TECHNICZNE UZBROJENIA

ROK DZIEWIĄTY. ZESZYT Nr. 35.

WARSZAWA — STYCZEŃ 1937 R.

WIADOMOŚCI TECHNICZNE UZBROJENIA

Dodatek kwartalny do zeszytu 1-go „Przeglądu Artyleryjskiego"

ROK DZIEWIĄTY ZESZYT Nr. 35

WARSZAWA — STYCZEŃ 1937 R.

TREŚĆ:

str.

Ppłk. dr. Felsztyn Tadeusz. Zastosowanie metody balistycznej E. Röggli do obliczania lufy karabinowej 3
Inż. Stetkiewicz Wacław. Krótkotrwałe obciążenia dynamiczne 31
Prof. dr. Urbański Tadeusz i inż. Woźniak Stanisław. Badanie pewnych własności mieszanek sygnalizacyjnych i oświetlających 43
Prof. dr. Urbański Tadeusz i Miładowski Władysław. O stałości czteroazotanu pentaerytrytu 65
Kpt. w st. sp. Łysiński Stanisław. Rozbrajanie amunicji zapalającej ładowanej piorunianem rtęci. 75
Sprawozdania i recenzje. 83
Komunikat 146

Autorzy artykułów, zamieszczonych w „Wiad. Techn. Uzbr." są odpowiedzialni za poglądy w nich wyrażone.

531.76 + 531.78

Ppłk. Dr. FELSZTYN TADEUSZ.

ZASTOSOWANIE METODY BALISTYCZNEJ E. RÖGGLI DO OBLICZANIA LUFY KARABINOWEJ.

1. *Uwagi wstępne.*

Obliczenie przebiegu ciśnień i szybkości w lufie karabinowej napotyka na duże trudności. W przeciwieństwie bowiem do działa lufa karabinowa przedstawia następujące cechy charakterystyczne, niekorzystne dla rachunku balistycznego.

1) Ładunek prochu, zawarty w łusce karabinowej w postaci zwykle drobnych płytek lub walców, wypełnia łuskę dość szczelnie. Zapalenie jego następuje przy pomocy spłonki, stosunkowo słabej w porównaniu z normalnym zapłonnikiem działowym, wzmocnionym przy tym częstokroć podsypką prochu czarnego.

Skutkiem tego wzajemny wpływ ziaren prochu na siebie w czasie palenia się jest dużo większy niż w lufie działowej, przez co proste geometryczne prawo palenia się prochu, wynikłe z kształtu poszczególnego ziarna, zniekształca się znacznie silniej, niż to zachodzi w wypadku lufy działowej. Ponadto zapłon jest niejednoczesny, co jeszcze silniej zmienia charakter spalania się prochu.

2) Straty cieplne w lufie karabinowej są procentowo znacznie większe niż w lufie działowej, a to ze względu, że stosunek powierzchni wewnętrznej lufy do jej pojemności jest tym bardziej niekorzystny, im mniejszy iest kaliber lufy. Straty te przekraczają 20% zawartości energetycznej prochu, jak to wynika z badań przeprowadzonych w Zakładzie Balistyki Politechniki Warszawskiej.

Wobec tego tabele balistyczne, skonstruowane przeważnie dla obliczania luf działowych i oparte na doświadczeniach z tymi lufami, dadzą się tylko z trudem stosować do obliczenia luf karabinowych.

W tych warunkach wyłoniło się pytanie, czy nie możnaby zastosować do obliczeń lufy karabinowej metody balistycznej E. Röggli, która — uwzględniając w bardzo szerokich granicach progresywność albo degresywność prochu — tym samym bardziej niż inne metody mogłaby dostosować się do warunków panujących w lufie karabinowej.

Ponadto metoda Röggli wprowadza, jako element charakterystyczny prochu zamiast ciśnienia właściwego, jak większość metod balistycznych, energię cieplną prochu, lepiej więc niż jakakolwiek inna może uwzględnić straty energetyczne prochu przez przewodnictwo cieplne.

2. *Analiza metody E. Röggli.*

Metoda Röggli — jak wiadomo — oparta jest na zasadzie podobieństwa balistycznego przy zmiennej gęstości ładowania. Zmienną niezależną w metodzie tej będzie więc wielkość[1]):

---

[1]) W artykule niniejszym nie zastosowałem oznaczeń oryginalnych metody E. Röggli, lecz oznaczenia przyjęte przeze mnie w wykładzie Balistyki Wewnętrznej w Politechnice Warszawskiej i zasto-

$$\tau = \frac{c'}{c_0'},$$

gdzie

$$c' = c - \alpha' Ł$$

$$c_0' = c_0 - \alpha' Ł$$

c jest pojemnością całkowitą lufy,

c_0 jest pojemnością początkową lufy, t. j. pojemnością komory nabojowej[2]),

α' — kowolumem średnim odpowiadającym średniej wartości zmiennego kowolumu w czasie spalania się prochu. (Röggla przyjmuje, że $\alpha' = \frac{1}{\delta}$, gdzie δ jest ciężarem właściwym prochu, t. j. przyjmuje dolną granicę zmiennej jako wielkość średnią).

$Ł$ jest ciężarem ładunku.

Przy pomocy rozważań termodynamicznych, w których — w przeciwieństwie do innych metod — wprowadza E. Röggla pochodną ciśnienia względem czasu, uzyskuje on

---

sowane jednolicie do wszystkich artykułów z zakresu Balistyki Wewnętrznej, pochodzących z Zakładu Balistyki Politechniki Warszawskiej. Te oznaczenia zostały ponadto wprowadzone i do wykresów balistycznych do metody E. Röggli, wydanych za łaskawą zgodą autora przez Zakład Balistyki Politechniki Warszawskiej dla użytku wewnętrznego Zakładu.

[2]) W wypadkach lufy karabinowej najprawidłowiej jest opuścić wpływ zacisku w łusce i uważać za pojemność komory nabojowej pojemność swobodną powstałą w chwili, gdy pocisk oprze się o stożek przejściowy. Analiza rysunkowa wymiarów stożka przejściowego i pocisku zezwala bez trudności obliczyć pojemność swobodną w tym wypadku. Warto zauważyć, że w wypadku kb. Mausera wz. 98 i pocisku *S*, których obliczenie było podstawą niniejszej pracy, pojemność komory nabojowej jest z dużym przybliżeniem równa pojemności wewnętrznej łuski wraz z jej szyjką.

na zmienną τ w funkcji czasu równanie różniczkowe trzeciego rzędu, którego całkowanie (metodą krótkich łuków) rozwiązuje całkowicie problem balistyki wewnętrznej, skoro zarówno ciśnienie jak i szybkość dadzą się wyrazić jako proste funkcje pochodnych τ względem czasu. Obliczone na tej zasadzie wykresy przedstawiają wygodny i łatwy w użyciu pomocniczy środek rachunkowy.

W wymienione powyżej zasadnicze równanie różniczkowe wchodzi oczywiście i funkcja palenia się prochu, wyrażona u Röggli stosunkiem chwilowej powierzchni palenia się prochu do jego powierzchni początkowej.

Ażeby nie wprowadzać żadnych innych zmiennych niż τ i t, przyjmuje Röggla założenie, że funkcja palenia się prochu da się wyrazić wzorem

(1) $$d\zeta = \varepsilon \left(\frac{d^2 \tau}{d t^2}\right)^n d t,$$

gdzie

$$\zeta = \frac{S}{S_0},$$

S — powierzchnia palenia się prochu w danej chwili,
S_0 — powierzchnia palenia się prochu początkowa,
t — czas,
n — wykładnik potęgowy w równaniu Charbonnier'a (Röggla przyjmuje $n = 0{,}7$),
ε — t. zw. przez Rögglę stopień progresji $(\varepsilon > 0)$ lub degresji $(\varepsilon < 0)$ prochu.

Wprowadzając to założenie w zasadnicze równanie różniczkowe, oblicza E. Röggla swoje wykresy dla kilku stopni progresji lub degresji, przy czym w pracy swej nie podaje zupełnie przyjętych przez siebie wartości ε.

Przed przystąpieniem do rachunku zastosowania tej metody do lufy karabinowej, zanalizujemy co oznacza za-

łożenie (1) Röggli, t. j. jak wyrażać się będzie w wypadku ogólnym funkcja palenia się prochu.

Zauważmy, że

$$c = \sigma x + c_0,$$

gdzie σ jest przekrojem lufy,
a x — drogą dna pocisku w lufie,
że dalej

(2) $$\mu \frac{d^2 x}{d t^2} = P\sigma \qquad \text{(Równanie Newtona)}$$

gdzie μ jest masą pozorną pocisku,
P — ciśnieniem
i że wreszcie

$$\frac{d^2 \tau}{d t^2} = \frac{1}{c_0'} \cdot \frac{d^2 c'}{d t^2} = \frac{1}{c_0'} \cdot \frac{d^2 c}{d t^2} = \frac{\sigma}{c_0'} \cdot \frac{d^2 x}{d t^2}.$$

Wstawiając w równanie to wartość $\frac{d^2 x}{d t^2}$ z (2) otrzymamy, że

(3) $$\frac{d^2 \tau}{d t^2} = \frac{P\sigma^2}{\mu c_0'}.$$

W takim razie

(4) $$d\zeta = \varepsilon P^n \left(\frac{\sigma^2}{\mu c_0'}\right)^n dt = \varepsilon N P^n dt,$$

gdzie N jest skrótem wyrażenia

$$N = \left(\frac{\sigma^2}{\mu c_0'}\right)^n.$$

Ażeby przejść z równania (4) do równania Charbonnier'a, wprowadźmy w oznaczenia powyższe funkcję spalania się prochu $\varphi(z)$, t. j. napiszmy, że

$$S = S_0 \cdot \varphi(z)$$

lub

$$\zeta = \varphi(z),$$

gdzie z jest ułamkiem wagowym spalonego prochu.

Równanie (4) przyjmie wtedy postać

$$\frac{d\varphi(z)}{dt} = \varepsilon N P^n. \tag{5}$$

W myśl równania Charbonnier'a

$$\frac{dz}{dt} = A\,\varphi(z)\,P^n, \tag{6}$$

gdzie A oznacza żywość prochu. Mamy więc

$$P^n = \frac{1}{A\,\varphi(z)} \cdot \frac{dz}{dt}. \tag{7}$$

Wprowadzając to w równanie (5) otrzymamy, że

$$\frac{d\varphi(z)}{dt} = \frac{\varepsilon N}{A\,\varphi(z)} \cdot \frac{dz}{dt}, \tag{8}$$

lub

$$\varphi(z) \cdot d\varphi(z) = \frac{\varepsilon N}{A}\,dz. \tag{9}$$

Całkując to równanie otrzymamy, że

$$\frac{1}{2}\varphi^2(z) = \frac{\varepsilon N}{A} z + C. \tag{10}$$

Ażeby otrzymać stałą całkowania C, zauważmy, że dla

$z = 0$ musimy mieć $\varphi(z) = 1$, skąd otrzymamy, że $C = \frac{1}{2}$.
Kładąc więc w równaniu (10) dla skrócenia

$$k = \frac{2 \varepsilon N}{A}$$

otrzymamy, że

$$\varphi(z) = \sqrt{1 + kz}, \tag{11}$$

gdzie $k > 0$ dla $\varepsilon > 0$ (proch progresywny)
$k < 0$ dla $\varepsilon < 0$ (proch degresywny).

Założenie więc (1), stanowiące podstawę rachunkową metody Röggli, jest równoznaczne założeniu, że funkcję spalania się prochu można wyrazić w postaci ogólnej ujętej wyrażeniem (11).

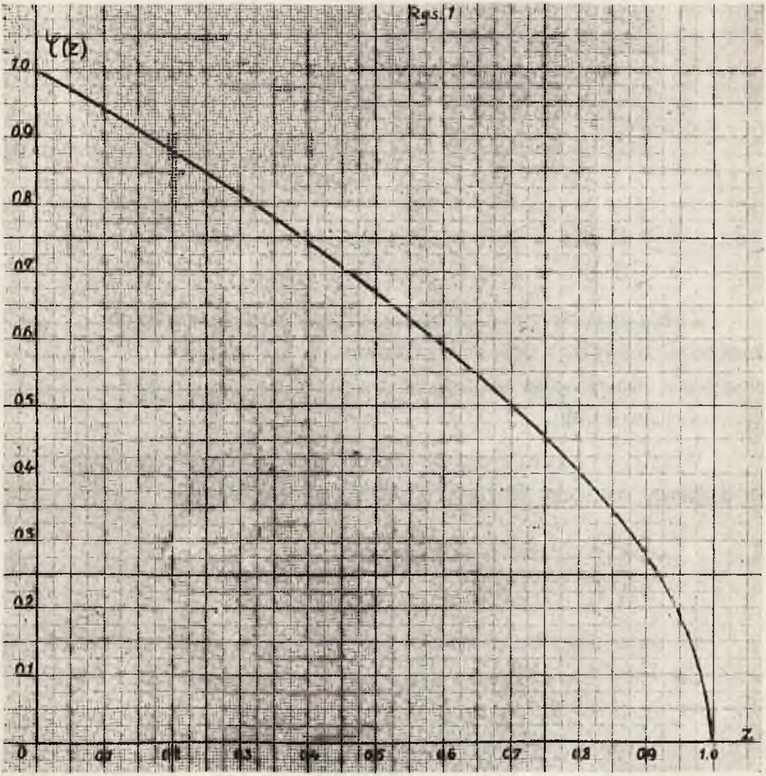
Warto zaznaczyć, że założenie to jest równocześnie podstawą metody balistycznej *Długowskiego*.

3. *Zastosowanie do prochu karabinowego.*

W celu zbadania, czy metoda Röggli daje się zastosować do lufy karabinowej, wzięto do badania kbk. Mauser wz. 98, pocisk „S", proch nitrocelulozowy w kształcie małych walców wysokości około 2,2 mm i średnicy około 0,65 mm. Teoretyczną funkcję spalania się tego prochu $\varphi(z)$, obliczoną z kształtu geometrycznego ziarna, podaje rys. 1.

Prochem tym strzelano dla pomiaru szybkości i ciśnienia, które oznaczono z 11 strzałów. Ciśnienie pomierzono w lufie ciśnieniowej typu Mauser wz. A. V., t. j. przy nawiercaniu łuski dla pomiaru ciśnienia. Strzelano trzema ładunkami, a mianowicie ładunkiem 2,95 g oznaczonym dalej jako ładunek 100%, ładunkiem 2,65 g oznaczonym

dalej jako ładunek 90% i ładunkiem 2,35 g oznaczonym dalej jako ładunek 80%.



Dane uzyskane przy tym strzelaniu podaje zestawienie 1.

Ponadto przeprowadzono strzelanie dla ładunków odpowiadających 50% i 30% ładunku pełnego, a to dla celów orjentacyjnych, jak o tym będzie mowa dalej.

Szybkość mierzoną na 25 m, v_{25}, przeliczano na szybkość początkową v_0 w sposób następujący:

Zestawienie 1.

Dane uzyskane przy strzelaniu.

Ładunek	v_{25} m/sek	v_0 m/sek	P_m mierzone kg/cm²	P_m poprawione kg/cm²
100%	827,6	856,6	2630	2852
90%	744,6	773,4	1890	2002
80%	649,7	677,6	1297	1343

Wedle doświadczeń, przeprowadzonych w Zakładzie Balistyki Politechniki Warszawskiej [3]), wylotowy spółczynnik balistyczny dla pocisku „*S*" przy szybkości około 825 m/sek wynosi (dla prawa oporu powietrza Siacci III)

$$c = 4{,}65.$$

Dla innych szybkości spółczynnik balistyczny przeliczono wedle wzoru podanego przez *Cranza* [4]) dla pocisku „*S*"

$$i(v) = 1{,}410 - \frac{122{,}68}{v} + 0{,}0005915\, v. \tag{12}$$

Znając więc c dla $v = 827{,}6$ znamy również c ze wzoru

$$4{,}65 = c \cdot i\,(827{,}6), \tag{13}$$

---

[3]) Ppłk. Felsztyn Tadeusz, Lewandowski Wawrzyniec i Ziębiński Marjan „Odbijanie się pocisku S, wystrzelonego z kbk., od stali i drzewa". Wiadomości Techn. Art. 1932 r., (nr. 15), str. 39.

[4]) *Cranz*. „Aüssere Ballistik". Wyd. 2. Teubner, 1917 r. str. 57.

a stąd dla innych szybkości

(14) $$c = \bar{c} \cdot i(v).$$

Ciśnienie poprawione jest to ciśnienie zmierzone, powiększone o poprawkę podaną przez Heydenreicha [5]. Konieczność tych poprawek zostanie uzasadniona poniżej.

Pierwszym krokiem była oczywiście próba zastosowania metody Röggli w jej dosłownej postaci. Wedle podanego przez Rögglę sposobu postępowania dane uzyskane przy strzelaniu wykorzystuje się w ten sposób, że traktuje się wartość energetyczną prochu E jako niewiadomą, której liczbową wartość otrzymuje się dopiero z wyników strzelania na drodze rachunku. Postępuje się mianowicie w ten sposób, że zakładając sobie pewne dowolne E, jako wartość energetyczną prochu, przelicza się to E przy doświadczalnym ciśnieniu P_m na energię t. zw. zredukowaną, t. j. odpowiadającą ciśnieniu najwyższemu 1000 kg/cm², po czym porównuje się pracę rzeczywistą gazów W określoną równaniem

$$W = \frac{\mu v^2}{2}$$

z pracą, wynikłą z wykresów Röggli przy założeniu danej energii zredukowanej. Przez kilkakrotne powtórzenie tego rachunku znajduje się wreszcie taką wielkość E, przy której praca rzeczywista gazów odpowiada pracy wynikłej z rachunku.

Pierwszym krokiem było więc zastosowanie tej metody dla ładunku 100%.

Jak wynika z poprzednio podanego przebiegu spalania

---

[5]) *Heydenreich.* „Die Lehre vom Schuss". Berlin 1908. Tom I. str. 48.

się prochu, opartego o jego kształt geometryczny (rys. 1), mamy w punkcie całopalenia

$$\zeta_1 = \varphi(1) = 0.$$

W rzeczywistości proch badany jest lekko powierzchniowo grafitowany, przez co spalanie się jego jest — przynajmniej z początku — progresywne. Ściśle więc biorąc nie wolno *dosłownie* opierać się o funkcję geometryczną. Ponieważ jednak brak danych, jak wpływa ta początkowa progresywność na przebieg funkcji spalania się, więc trzeba spróbować, czy przynajmniej w pierwszym przybliżeniu nie można oprzeć się o geometryczny kształt ziarna.

Wychodząc z tego założenia, rozwiązania zagadnienia należy poszukiwać w wykresach Röggli — zgodnie z podanym przez autora sposobem — na krzywej $\zeta = 0$.

Rozwiązanie lufy karabinowej w ten sposób zawiodło jednak, gdyż przy wszystkich możliwych do przyjęcia wartościach E otrzymuje się zawsze, że obliczona wielkość pracy jest mniejsza od pracy rzeczywistej, przy czym w wielu wypadkach otrzymuje się w wyniku rachunku punkt całopalenia prochu poza wylotem, podczas gdy w rzeczywistości, w czasie doświadczeń, całkowite spalanie się prochu w lufie odbyło się już przy ładunku 80%, a tym bardziej 100%.

W tych warunkach więc można stwierdzić, że metoda Röggli w dosłownej swej postaci nie daje się stosować do obliczenia lufy karabinowej, gdzie stosowanie prochów grafitowanych i to głębiej grafitowanych niż proch badany — jest niemal że regułą.

Ponadto jest rzeczą możliwą, że — ze względów omówionych niżej — w rzeczywistych warunkach spalania się prochu w lufie przebieg jego może daleko odbiegać od jego prostej postaci geometrycznej.

Wychodząc z tego założenia próbowaliśmy znaleźć rozwiązanie na drodze innej, która narzucała się jako logiczny wniosek z powyższego przypuszczenia.

Przyjmijmy mianowicie, że ładunek prochu w łusce kb. spala się według pewnego nieznanego prawa, takiego jednak, które da się przedstawić w postaci równania typu (11).

W równaniu tym traktujemy wielkość k, albo też związaną z nią wielkość ε, jako niewiadome.

W ten sposób mamy obecnie dwie niewiadome: E i ε.

Jeżeli więc przy różnych ε będziemy poszukiwali takiego E, które przy danym stopniu degresji (progresji) daje rzeczywistą wartość pracy W, to otrzymamy w układzie E, ε pewną linię, określającą zawisłość energii E od stopnia degresji ε.

Jeżeli takie obliczenie wykonamy dla kilku ładunków prochu, to—jeżeli ładunek prochu spala się rzeczywiście wedle prawa (11) i jeżeli założenia metody Röggli są stosowalne do lufy karabinowej — w takim razie krzywe dla kilku gatunków prochu powinny się przeciąć mniej więcej w jednym punkcie, który da nam rzeczywistą energię i rzeczywisty stopień degresji naszego prochu.

W myśl tego planu wykonano obliczenia dla ładunku 100%, 50% i 30%. Próba ta jednak zawiodła, krzywe bowiem nie przecinały się, lecz krzywa dla $Ł = 50\%$ leżała poniżej krzywej dla $Ł = 100\%$, a krzywa dla $Ł = 30\%$ leżała jeszcze niżej. Wyjaśnieniem tego zjawiska zajmiemy się dalej.

Wobec powyższego postanowiliśmy powtórzyć próbę dla mniejszych różnic ładunku, t. j. dla wyżej określonych ładunków 100%, 90% i 80%.

Przeprowadzone kilkakrotnie próby rachunkowe wykazały, że istotnie zaproponowana poprzednio metoda może

dać dobre wyniki, jeżeli zastosować następujące czynności pomocnicze:

1) Jako ciśnienia największego P_m nie można brać ciśnienia mierzonego w wymienionym poprzednio karabinie ciśnieniowym, lecz ciśnienie to należy powiększyć o pewną wielkość, uwzględniającą różnicę pomiędzy zgniotem dynamicznym a statycznym. Po kilku próbach okazało się, że najlepiej odpowiada tu poprawka, podana przez *Heydenreicha* w cytowanej jego pracy. Tę też poprawkę przyjęto za podstawę dalszej pracy.

2) Ponieważ

$$k = \frac{2\,\varepsilon\,N}{A}$$

jest właściwą charakterystyką palenia się prochu, to też dla tego samego prochu i różnych gęstości ładowania k i A muszą być te same. Wskutek tego jednak ε nie będą równe, lecz będziemy mieli, że

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_2}{N_1}.$$

W warunkach strzału z lufy karabinowej σ pozostaje to samo, lecz μ i c_0' zmieniają swoją wartość.

Zamiast wartości μ możemy również rozpatrywać proporcjonalną do niej wielkość $p' = \mu\, g$, gdzie g jest przyśpieszeniem ciążenia, a p' poprawionym ciężarem pocisku.

Wtedy, przyjmując stopień degresji (progresji) 100% za podstawę, mamy dla $i = 90\%$ lub 80%

$$\frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_{100}} = \left(\frac{p_i' \cdot c'_{0,i}}{p'_{100} \cdot c'_{0,100}} \right)^n. \tag{15}$$

Z danych strzelania wynika, że

$$\frac{\varepsilon_{90}}{\varepsilon_{100}} = 1{,}040 \qquad \frac{\varepsilon_{80}}{\varepsilon_{100}} = 1{,}087.$$

Chcąc więc znaleźć funkcję $E = f(\varepsilon)$ dla ładunku różnego od 100%, sprowadzoną do tego samego k, należy wielkości ε, przyjęte do rachunku, pomnożyć przez 1,040 lub 1,087, ażeby uzyskać na wspólnym wykresie krzywe odpowiadające tej samej wielkości k.

W ten sposób otrzymano wykres przedstawiony na rys. 2, gdzie — wobec tego, że Röggla nie podaje wielkości liczbowych, odpowiadających podanym przez niego na wykresach stopniom degresji I, II, III i IV — przyjęto, że stopniowi degresji, oznaczonemu przez Rögglę jako I, odpowiada wartość liczbowa 1. Założenie to, choć najzupełniej dowolne, nie zmienia w niczym prawidłowości rachunku, jak to łatwo widać.

Wykres na rys. 2 wykazuje, że — zgodnie z naszym założeniem — krzywe się istotnie przecinają tworząc trójkąt błędów.

W powiększeniu trójkąt ten przedstawia rys. 3. Środek trójkąta, wyznaczony trzema symetrycznymi, daje wielkości:

$$E = 394{,}7 \text{ kgm},$$

$$\varepsilon = -0{,}415,$$

co dla ładunków 90% i 80% odpowiada wartościom:

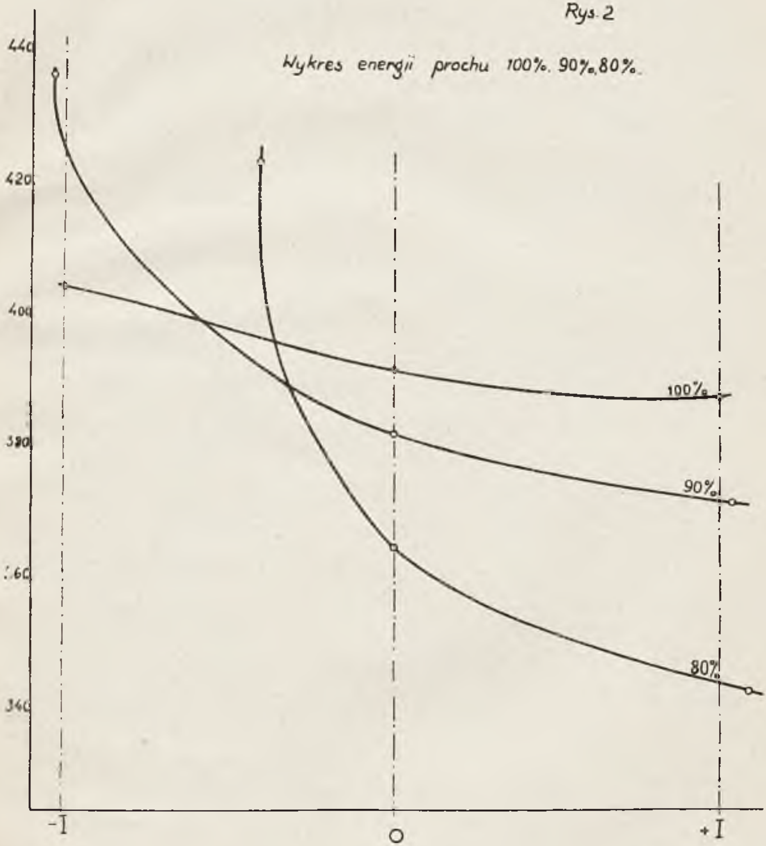
$$\varepsilon_{90} = -0{,}400$$

$$\varepsilon_{80} = -0{,}382.$$

gdyż obecnie, przechodząc z wykresu do wartości rachunkowych, należy naodwrót liczbę, otrzymaną z wykresu podzielić przez 1,040 dla 1,087.

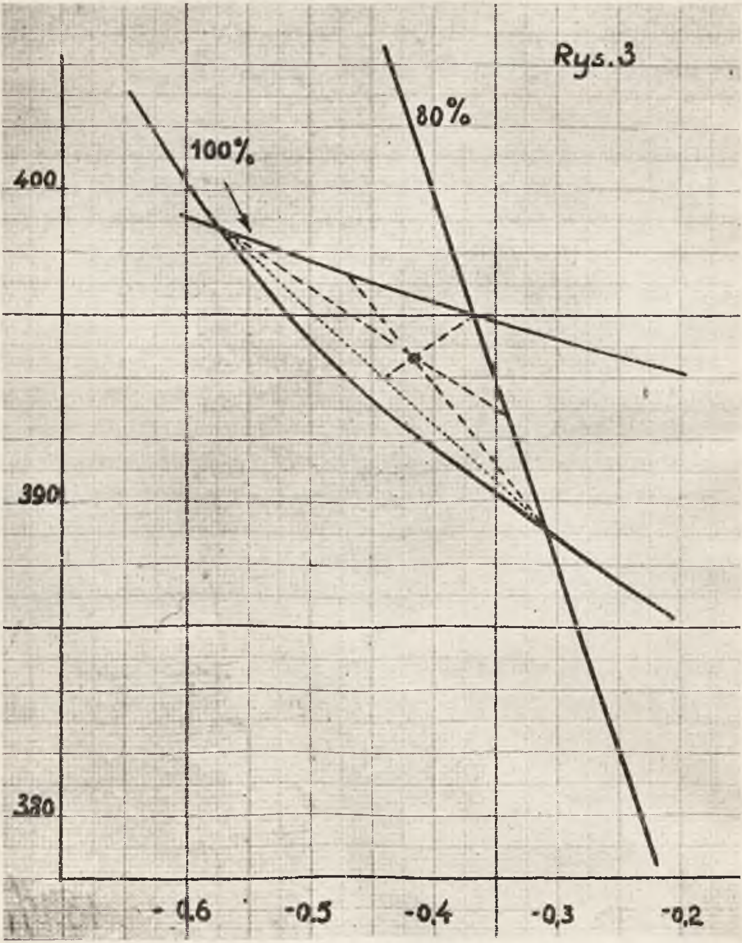
Celem sprawdzenia tego wyniku obliczmy dla powyż-

szych wielkości pracę wykonaną przez gazy w lufie. Rachunek ten przeprowadzamy w ten sposób, że interpolujemy między krzywymi dla stopni degresji 0 i — I.



Wielkości otrzymane z rachunku podaje zestawienie 2. Różnice otrzymane są istotnie niewielkie.

Zachodzi tu jednak ta trudność, że przy interpolacji między tak odległymi liniami, jak linie odpowiadające



w wykresach Röggli stopniom 0 i — I, można popełnić duży błąd na skutek interpolacji liniowej, niewątpliwie niesłusznej w tak dużych granicach. Trudność tę możemy usunąć w sposób następujący:

Zestawienie 2.
Porównanie wielkości rachunkowych z wielkościami rzeczywistymi.

Ładunek	Praca rzeczywista $\frac{\mu v^2}{2}$ kgm	Praca otrzymana z rach. kgm	Różnice w szybkości początkowej m/sek
100%	415,9	415,9	0
90%	336,0	336,5	+ 0,5
80%	255,6	253,6	— 2,7

We wszystkich trzech wypadkach otrzymujemy całopalenie w lufie dla wartości $\tau = 4{,}63$; 6,98, lub 12,28, t. j. w $\frac{1}{3{,}775}$, $\frac{1}{2{,}344}$ lub $\frac{1}{1{,}239}$ części ogólnej długości lufy (dla ładunku 100%, 90% i odpowiednio 80%). Jeżeli więc założymy, że w naszym wypadku istotnie proch spala się wedle równania (11), w takim razie dla $z = 1$ musimy we wszystkich trzech wypadkach otrzymać $\zeta = \varphi(z)$ to samo.

W danym konkretnym wypadku otrzymujemy z wykresów Röggli wartości ζ i odpowiadające im ze wzoru (11) wielkości k wedle zestawienia 3.

Zestawienie 3.
Obliczone wielkości ζ w punkcie całopalenia.

Ładunek	ζ	k
100%	0,85	— 0,277
90%	0,83	— 0,311
80%	0,79	— 0,376

Otrzymaliśmy więc wielkości ζ i k bliskie siebie, lecz nie identyczne, co zapewne można przypisać błędom interpolacji.

Ażeby więc sprawdzić, czy przypuszczenie to jest słuszne, powtórzmy rachunek dla średniej wartości $k = -0{,}321$ i dla odpowiadającej mu wartości $\zeta_1 = 0{,}824$. Przy tym powtórzeniu będziemy więc interpolować między bliskimi sobie wykresami Röggli dla $\zeta = 0{,}9$ i dla $\zeta = 0{,}8$, co niewątpliwie uchroni nas od poprzednich błędów interpolacji.

Wynik tego rachunku podaje zestawienie 4.

Zestawienie 4.

Wynik ponownego rachunku wyrównawczego.

Ładunek	Praca rzeczywista $\frac{\mu v^2}{2}$ kgm	Praca otrzymana z rachunku kgm	Różnice w szybkości początkowej m/sek
100%	415,9	415,9	0
90%	336,0	336,5	+0,5
80%	255,6	255,6	0

Widać więc, że zgodność rachunku z doświadczeniem jest aż nadto wystarczająca.

4. *Omówienie wyników.*

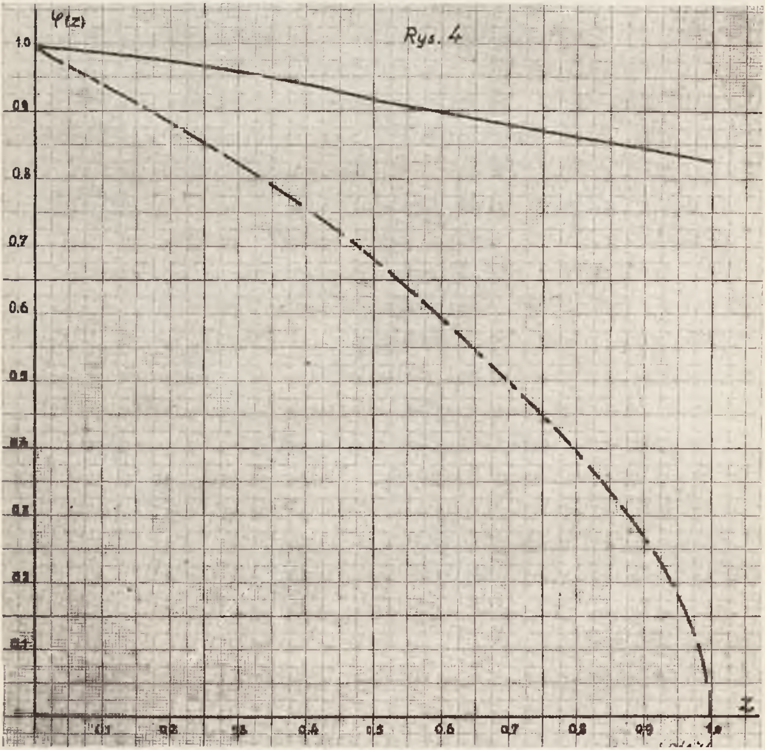
a. *Funkcja spalania się.*

Na podstawie przytoczonych powyżej rozumowań dochodzimy do wniosku, że prochowi w kształcie krótkich

walców stanowiącemu ładunek w karabinie, który był przedmiotem badań, najlepiej odpowiada funkcja spalania się

$$\varphi(z) = \sqrt{1 - 0{,}321\, z}\,,$$

a więc funkcja spalania się znacznie bardziej progresywna, niż to wynika z geometrycznego prawa spalania się jednego ziarna, co widać wyraźnie na rys. 4.



Wynik ten wydaje się pozornie paradoksalny.

Trudno bowiem przypuszczać, ażeby powierzchniowe

grafitowanie — i to bardzo płytkie — wywierało aż tak znaczny wpływ.

Przyczyna tej rozbieżności między geometryczną a rzeczywistą funkcją spalania się tkwi raczej gdzie indziej.

Jak już bowiem na wstępie wspominaliśmy, w warunkach rzeczywistego spalania się prochu w lufie nie mamy natychmiastowego i jednoczesnego zapalenia się wszystkich ziaren prochu (co przecież jest podstawą rozpatrywania funkcji spalania się prochu w jej geometrycznej postaci), lecz proch zapala się kolejnymi warstwami począwszy od dna łuski. W przeciwieństwie bowiem do amunicji działowej, gdzie zapłonnik ma znacznie większą siłę zapłonu, spotęgowaną jeszcze niejednokrotnie podsypką prochu czarnego, spłonka łuski karabinowej daje płomień stosunkowo słaby i o małym zasięgu.

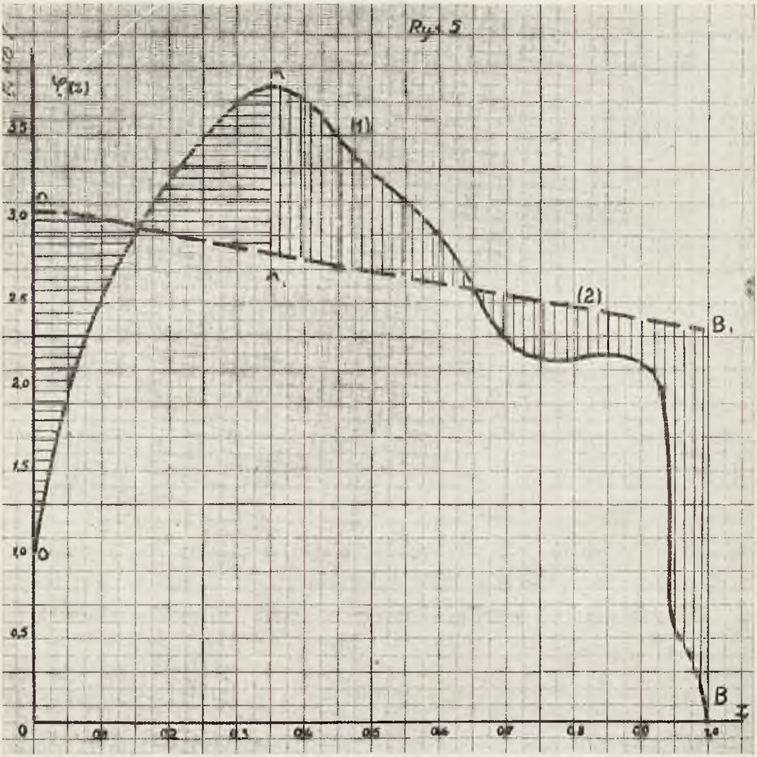
Ażeby bliżej zanalizować wpływ niejednoczesnego zapłonu na przebieg spalania się prochu, przyjmijmy, że cały ładunek prochu podzieliliśmy na 5 warstw, z których pierwsza zapala się od spłonki natychmiastowo i jednocześnie na całej powierzchni wszystkich swych ziaren, druga zapala się z opóźnieniem równym 0,1 czasu całopalenia jednego ziarna, lecz również jednocześnie na całej powierzchni wszystkich swych ziaren, trzecia z opóźnieniem 0,2 czasu całopalenia jednego ziarna i t. d., przy czym kształt ziaren jest taki, jak prochu badanego.

Spalanie się więc jednego ziarna przebiega wedle prawa przedstawionego na rys. 1.

Przy konstruowaniu funkcji $\varphi(z)$ tego ładunku musimy uwzględnić, że początkowa powierzchnia palenia się S_0 jest w danym wypadku równa $1/5$ powierzchni wszystkich ziaren ładunku.

W takim razie przebieg funkcji $\varphi(z)$ przedstawiać się

będzie tak, jak to widać na rys. 5. Przebieg funkcji $\varphi(z)$ różni się więc wyraźnie od postaci równania (11). Jeżeli jednak mimo to zechcemy przypisać temu sposobowi spa-



lania się prochu równanie typu (11), to oczywiście możemy rzeczywisty przebieg funkcji $\varphi(z)$ wyrównać wzorem

$$(16) \qquad A\,\varphi(z) = A_1 \sqrt{1 - k\,z}\,,$$

gdzie musimy odpowiednio dobrać spółczynniki A_1 i k, np. tak, ażeby (rys. 5) pole pod krzywą wyrównawczą (2) od

punktu 0_2 do punktu A_2 i od punktu A_2 do punktu B_2 było równe odpowiednim polom krzywej rzeczywistej (1) od 0_1 do A_1 i od A_1 do B_1 Jak widać z rys. 5, mamy

$$0 < k < 1.$$

Wobec dużej różnicy postaci rzeczywistego przebiegu $\varphi(z)$ i równania typu (11) mogłoby się wydawać, że równanie (16) musi prowadzić do dużych omyłek. Należy jednak zauważyć, że funkcja $\varphi(z)$ wchodzi w równania balistyki wewnętrznej nie bezpośrednio, ale jedynie w skład wyrażeń podcałkowych. Z tego więc względu dwie funkcje o bardzo nawet różnym przebiegu mogą w rezultacie dać bardzo bliskie sobie wyniki rachunku, byle tylko ich całki były dostatecznie do siebie zbliżone.

Z tego właśnie względu metody balistyczne, oparte o funkcje spalania się prochu, silnie nawet odbiegające od rzeczywistego przebiegu tego procesu, dają w zastosowaniach praktycznych wyniki dostatecznie bliskie rzeczywistości.

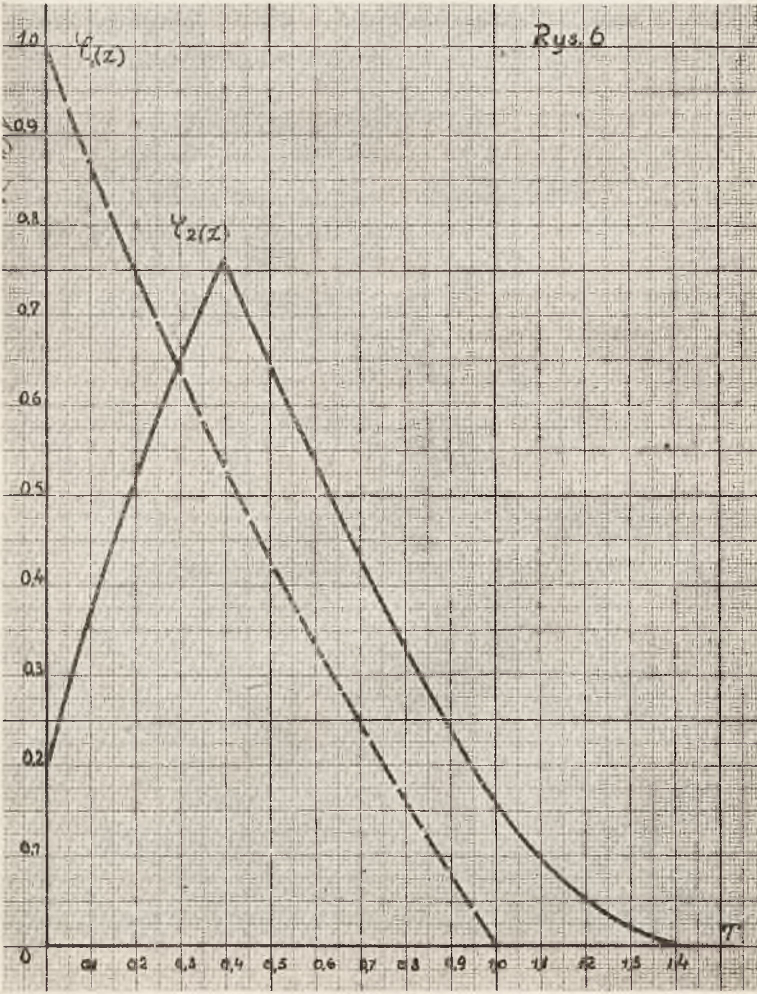
Z równania (16) i rys. 5 w porównaniu z rys. 4 widać więc, że wskutek niejednostajnego zapłonu funkcja $\varphi(z)$ ma postać bardziej progresywną, niżby to wynikało z kształtu poszczególnych ziaren.

Wniosek ten jest w sprzeczności z dość rozpowszechnionym mniemaniem, że zapłon niejednostajny wpływa na zmniejszenie progresywności prochu. Ażeby wyjaśnić tę pozorną sprzeczność, zanalizujmy przebieg krzywej powierzchni palenia się prochu w funkcji czasu

$$S = f(t),$$

w wypadku zapłonu natychmiastowego i zapłonu kolejnego (rys. 6).

Widać z niego wyraźnie, że wskutek niejednoczesnego zapłonu powierzchnia palenia się prochu w rzeczywistości zmniejszyła się na początku spalania się, a równocześnie



czas jego palenia się stał się dłuższy. Proch więc jest co prawda bardziej progresywny, lecz równocześnie stał się on mniej żywym.

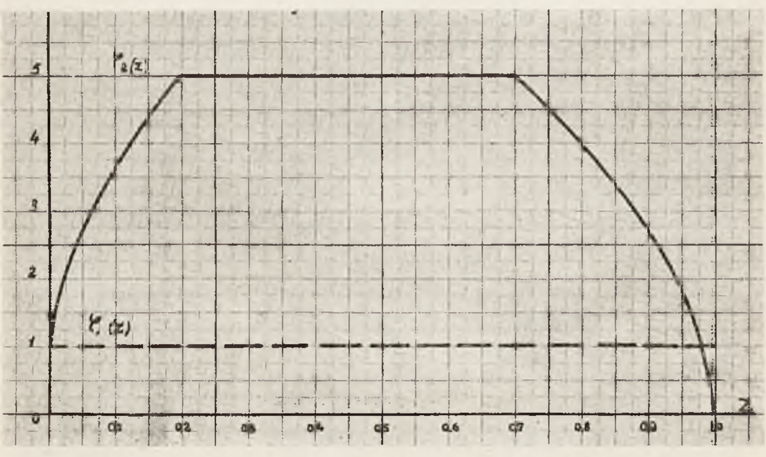
Nie należy jednak mniemać, że niejednostajność zapłonu zawsze będzie powodować większą progresywność prochu. Weźmy jako przykład proch o spalaniu się jednostajnym:

$$\varphi(z) = 1$$

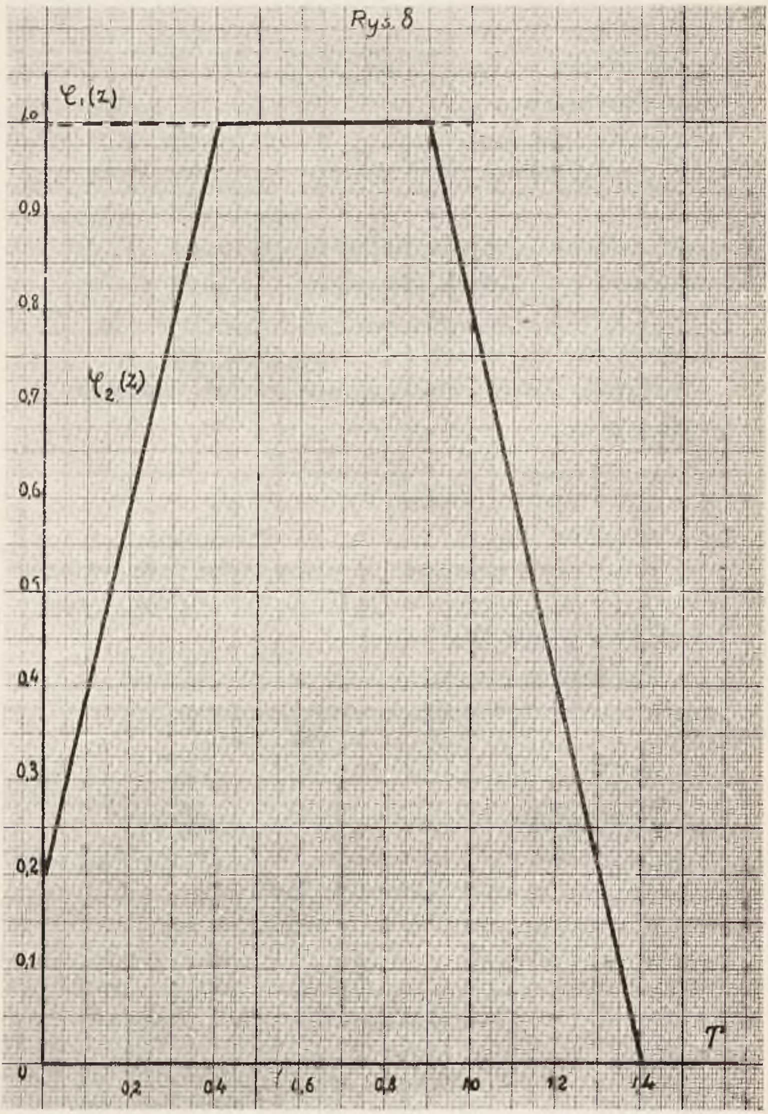
i narysujmy dla niego krzywą $\varphi(z)$ i $S = f(t)$ w wypadku zapłonu natychmiastowego i zapłonu kolejnymi warstwami przy założeniu, jak poprzednio, 5-ciu warstw. Wynik rachunku przedstawiają rys. 7 i 8. Widać z nich, że w tym wypadku niejednostajny zapłon spowodował zmniejszenie progresywności prochu, skoro funkcja

$$A\varphi(z) = A_1\sqrt{1 - kz} \qquad (16)$$

będzie miała z konieczności rzeczy $k < 0$, a równocześnie uczynił proch mniej żywym.



Rys. 7.



Rys. 8
$\varphi_1(z)$
$\varphi_2(z)$
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
1,4
T

Można więc ogólnie powiedzieć, że sposób zapłonu w łusce karabinowej zmienia charakter palenia się prochu w ten sposób, że rzeczywista funkcja palenia się prochu, albo wyrównująca ją w myśl równania (16) funkcja typu pierwiastkowego, ma przebieg będący wynikiem z jednej strony progresywnego lub degresywnego charakteru samego ziarna, z drugiej zaś — właściwego stopnia degresji, odpowiadającego niejednostajności zapłonu. W wyniku wspólnym tych dwóch czynników charakter spalania się prochu może być zarówno bardziej progresywny jak i mniej progresywny niż spalanie się jednego ziarna.

Równocześnie niejednostajny zapłon zmniejsza żywość prochu.

b. *Energia cieplna prochu.*

Proch użyty przez nas do próby został poddany badaniom kalorymetrycznym w Zakładzie Materiałów Wybuchowych Politechniki Warszawskiej.

Za łaskawe wykonanie tej pracy składam na tym miejscu serdeczne podziękowanie kierownikowi tego Zakładu, p. prof. dr. Tadeuszowi Urbańskiemu.

Wyniki tych pomiarów przedstawiają się następująco:

Przy gęstości ładowania $\Delta = 0{,}12$ otrzymano

energię prochu, woda jako ciecz: 366,2 kgm/g=857,7 kal/g.
energię prochu, woda jako para: 366,2 kgm/g=787,3 kal/g.

Energia otrzymana z tych pomiarów jest więc niższa niż ta, jaka wypadła z naszych rachunków, a mianowicie

$$394{,}8 \text{ kgm/g} = 924{,}3 \text{ kal/g}.$$

Należy tu zauważyć, że pomiar energii cieplnej prochu wykonany został przy gęstości ładowania $\Delta = 0{,}12$, podczas gdy w rzeczywistych warunkach lufy mamy do

czynienia z gęstością ładowania od 0,58 do 0,74. Jak zaś wiadomo, energia prochu nitrocelulozowego wzrasta bardzo silnie wraz ze wzrostem gęstości ładowania. I tak, wedle danych podanych przez *Cranza*[6]), przy przejściu od gęstości ładowania $\Delta = 0{,}15$ do $\Delta = 0{,}45$ energia cieplna prochu bezdymnego wzrasta od 820,2 do 977,7 kal/g, t. j. od 350,2 do 417,5 kgm/g.

Zgodnie też z tym przy ładunku 30% i 50%, gdzie gęstość ładowania wynosi od 0,22 do 0,37, otrzymujemy z rachunku energię prochu dużo niższą, niż w wypadku ładunku 100, 90 i 80%.

Ponadto należy podkreślić, że z samych założeń teoretycznych metody Röggli wynika, iż przyjęta dla rachunku w tej metodzie wielkość *E* musi być większa, niż wielkość otrzymana z pomiaru w bombie kalorymetrycznej i że właśnie dlatego należy ją traktować raczej, jako rachunkową charakterystyką prochu, niż rzeczywistą wielkość jego energii cieplnej.

Fakt więc, że otrzymaliśmy z rachunku wielkość *E* większą, niż z pomiaru w bombie kalorymetrycznej, świadczy o prawidłowości tego rachunku, zwłaszcza że otrzymana z rachunku wielkość energii prochu, około 400 kgm/g, jest w dobrym stosunku do podanej przez Rögglę w jego przykładach energii prochu nitrogliewynowego $E = 550$ kgm/g.

5. *Wnioski.*

Z powyższych rozważań można wyciągnąć następujące wnioski:

1) Metoda balistyczna E. Röggli nadaje się dobrze do obliczeń lufy karabinowej.

---

6) *Cranz.* „Innere Ballistik". Berlin 1926 r., str. 20.

2) Ciśnienia, uzyskane w karabinie ciśnieniowym systemu Mausera typu A. V., należy dla celu tych obliczeń powiększyć wedle tabeli podanej przez *Heydenreicha.*

3) Charakteru spalania się prochu nie należy brać dla tych obliczeń z geometrycznego kształtu ziarna, lecz należy traktować go jako niewiadomą i wyznaczać go — podobnie jak i energię prochu — z pomiarów w lufie karabinowej w sposób szczegółowo omówiony powyżej.

4) Otrzymane w ten sposób dane szybkości i ciśnienia są bardzo bliskie rzeczywistości.

5) Charakter palenia się prochu zależny jest w lufie karabinowej nie tylko od kształtu ziarna, ale i od sposobu ułożenia ziarna w łusce i od zapłonu, przy czym ten ostatni wpływ może nawet decydująco wpłynąć na charakter funkcji spalania się prochu.

620.1 + 539.4

Inż. STETKIEWICZ WACŁAW.

KRÓTKOTRWAŁE OBCIĄŻENIA DYNAMICZNE[1]).

Spoglądając uważnie na szybki rozwój wiedzy technicznej w przeciągu ostatnich kilku dziesiątków lat, niepodobna nie zauważyć w niej braku dokładnego matematycznego ujęcia odnośnie wytrzymałości dynamicznej. Spotykamy tam długie rozdziały o drganiach układów sprężystych, o napięciach powstających w układach w ruchu — zjawiskach skądinąd o wielkim znaczeniu technicznym; próżnobyśmy natomiast szukali chociażby naprzykład jakichś sprecyzowanych definicyj różnicy pomiędzy wytrzymałością statyczną a dynamiczną, która, jak niebawem zobaczymy, nie jest tak łatwa do uchwycenia, jakby się to na pierwszy rzut oka wydawało.

Jest to tym więcej zastanawiające, iż praktyka techniczna, pod wpływem coraz szybszego tempa życia, znacznie wyprzedziła naukę wytrzymałości tworzyw, która jej kroku dotrzymać nie zdołała.

Tak było zresztą do niedawna z dziedziną badań wytrzymałościowych wogóle, gdzie obracano się w ciasnych, przestarzałych ramach, które zaledwie w ostatnich cza-

---

[1]) Referat T. W. T. z dnia 30. IV 1934 r

sach ustępować zaczęły pod naporem wymagań stawianych przez nowoczesne konstrukcje, żądających jak najracjonalniejszego wykorzystania tworzywa. Toteż w przeważnej ilości wypadków obecnie kontrola materjałów nie poprzestaje na stereotypowej próbie rozrywania lub łamania, a żąda, by próba tworzywa uwzględniała wszystkie te warunki, które cechują późniejszą konstrukcję.

Niestety, w dziedzinie wytrzymałości dynamicznej niewiele w tym kierunku dotychczas zrobiono, co stawia w bardzo trudnym położeniu konstruktora, który nie wie nigdy dokładnie, w jakich granicach może się bezpiecznie poruszać. Do dziś dnia identyfikuje się w wielu wypadkach statyczne i dynamiczne działania sił, a jeżeli bierze się kiedy pod uwagę różnicę, która między nimi zachodzi, to dzieje się to najczęściej w sposób najzupełniej dowolny, zależny od fantazji lub intuicji konstruktora.

Tymczasem najnowsze, acz bardzo skromne badania pokazały, iż różnice te są niekiedy tak wielkie, że nie wolno przechodzić nad nimi do porządku. Żałować jednak mocno należy, że zagadnienie to nie wzbudziło dotychczas takiego zainteresowania, na jakie bezsprzecznie zasługuje.

Wspomniane wyżej zapoczątkowanie badania wytrzymałości dynamicznej było prowadzone w trzech odmiennych kierunkach.

Dla przykładu cytuję tu trzy następujące opinje:

André Le Chatelier [2]) dążył do uchwycenia wpływu szybkości rozciągania na uzyskane wyniki. Ustalił on, że naprężenie rozrywające cynku, glinu i miedzi rośnie dość szybko wraz z szybkością rozciągania. Do tego samego wniosku doszedł inżynier francuski M. Malaval [3]) przepro-

---

[2]) Les methodes d'etudes des alliages metalliques.

[3]) Memorial d'Artillerie Française 1922 r. t I.

wadzając próby rozrywania stali, aczkolwiek w tym wypadku wpływ szybkości okazał się nie tak wielki. Na zjawisko to zwrócił uwagę już dość dawno prof. Timoszenko [4]) twierdząc, iż „są dane doświadczalne, wskazujące na to, że przy znacznej szybkości odkształcenia powstaje inny diagram aniżeli w przypadku statycznego rozrywania".

Lutis Eduardo[5]) poddawał pręty dynamicznemu rozciąganiu przy pomocy spadającego ciężaru. Według niego wydłużenie maleje wraz ze wzrostem szybkości rozciągania.

Wreszcie Komisja doświadczalna w Ruelle we Francji[6]) wykonała szereg prób rozciągania przy pomocy młota Charpy oraz prochu. Te ostatnie próby zostały niedawno powtórzone w Polsce przez inż. Wakalskiego, który otrzymane wyniki podał na zjeździe S. I. M. P. w 1933 r. Doświadczenia te pokazały, że wydłużenie, przewężenie i naprężenie rozrywające są tym większe, im raptowniejsze jest rozciąganie. Natomiast granica sprężystości maleje przy wzroście szybkości.

Nie wchodząc w szczegóły, dotyczące sposobu przeprowadzenia każdego z powyższych doświadczeń, należy stwierdzić, że brak im ścisłego założenia oraz pewnego wytkniętego kierunku popartego analizą matematyczną, co nie pozwala na wyciągnięcie z nich żadnego konkretnego wniosku posiadającego dla praktyki pewną wartość. Poza tym każde z tych doświadczeń było wykonywane w zupełnie odmiennych warunkach, co czyni trudnym porównanie ich wyników, a zbyt pochopne wyciąganie z nich jakichkolwiek ogólnych wniosków, mogłoby doprowadzić do zupełnie fałszywych hipotez. Do należytego wyjaśnienia za-

4) Wytrzymałość materjałów — przekład prof. Hubera.

5) Rivista maritima 1925 r.

6) Memorial d'Artillerie Française 1928 r. t. VII.

gadnienia jest jeszcze zatem bardzo daleko, a nastąpić ono może dopiero po przeprowadzeniu zapewne jeszcze bardzo wielkiej ilości prób i doświadczeń, które wszakże, w przeciwieństwie do wyżej przytoczonych, powinny być oparte na możliwie jak najbardziej gruntownej analizie samego zjawiska.

W obecnej chwili przeto jedno tylko z całą pewnością stwierdzić możemy, że szybkość, z jaką zachodzi odkształcenie, ma wpływ na wielkość stawianego przez tworzywo oporu. Przyczyn tego wpływu należy dopatrywać się w samej istocie odkształcenia tudzież w wewnętrznych towarzyszących mu zjawiskach. Wpływ ten, jak pokazują badania Le Chateliera i Malavala, zależny jest od rodzaju tworzywa, a więc sięga prawdopodobnie w głąb budowy materii. Szkoda tylko, iż uwaga wszystkich eksperymentatorów była głównie skierowana na wytrzymałość i wydłużenie, a nie na okres sprężysty. W praktyce bowiem korzystamy prawie wyłącznie z tego okresu, który charakteryzują: granica sprężystości i moduł Jounga.

Nim przystąpimy do dalszych rozważań nad istotą obciążenia dynamicznego, musimy ustalić jego pojęcie. Otóż obciążeniem dynamicznym wogóle nazywamy każde obciążenie wywołujące zmiany odkształcenia tworzywa *). A zatem każde obciążenie statyczne jest poprzedzane obciążeniem dynamicznym, bo każde odkształcenie, aby istnieć, musi najpierw w jakikolwiek sposób powstać. A więc obciążeń czysto statycznych nie ma, a występują one zawsze poprzedzane obciążeniami dynamicznymi. W praktyce

*) Oczywiście nie mamy tu na myśli długotrwałych obciążeń statycznych, pod działaniem których odkształcenie z biegiem czasu wzrasta na skutek zmęczenia tworzywa.

przyjęto nazywać obciążeniem statycznym takie obciążenie, które wywołuje zmiany odkształcenia o tak małej szybkości, że ich wpływ praktycznie może być pominięty.

Szybkość odkształcenia tworzywa może być stała lub zmienna. W wypadku stałej szybkości odkształcenia cała siła obciążenia idzie na pokonanie sprężystego oporu tworzywa, co np. w wypadku pręta rozciąganego lub ściskanego możemy wyrazić wzorem:

$$\frac{dF}{dt} = \frac{MS}{l} \frac{d\Delta l}{dt} \text{ *)}$$

to znaczy, że przy stałej szybkości wzrastania lub malenia odkształcenia obciążenie wzrasta lub maleje również ze stałą szybkością. O ile zatem przyjmiemy, że moduł Jounga M i granica sprężystości E**) (t. j. granica słuszności powyższego wyrażenia) posiadają wartości zmienne, zależne od szybkości odkształcenia, to przyjmując w powyższym równaniu ich wartość odpowiadającą wartości $\frac{d\Delta l}{dt}$ otrzymamy taką samą zależność jak przy obciążeniu statycznym, t. j.

$$F = MS \times \frac{\Delta l}{l}.$$

Dokładne ustalenie zależności własności mechanicznych tworzywa w okresie sprężystym od wielkości szybkości odkształcenia $\left[M = f_1\left(\frac{d\Delta l}{dt}\right) \text{ i } E = f_2\left(\frac{d\Delta l}{dt}\right)\right]$ miałoby niewątpliwie ogromne znaczenie dla techniki. O ile jednak wykonanie potrzebnych doświadczeń przy stosunkowo niewiel-

*) O ile założymy, że $d\frac{\Delta l}{l} = \frac{d\Delta l}{l}$

**) Ściślej granica proporcjonalności.

kich szybkościach odkształcenia wydaje się łatwe, o tyle przeprowadzenie prób przy większych, jednocześnie stałych szybkościach, nastręcza duże trudności. Zrozumiałą jest rzeczą, że zachowanie stałości szybkości podczas całej próby byłoby niemożliwe, a to dla tego, iż nie da się uniknąć okresu rozruchu i zatrzymania. Należałoby tylko dążyć do tego, by okresy te były jak najkrótsze w stosunku do czasu przebiegu całej próby, lecz jednocześnie dość długie, by można było pominąć wpływ przyspieszeń na wyniki prób. Próby takie wymagałyby ciężkiej masywnej maszyny oraz długich próbek posiadających wielką jednostajność materiału na całej długości. Poza tym wybieranie materiałów na próbki o dużej sprężystości (niskim spółczynniku Jounga) ułatwiłoby w wielkim stopniu wykonanie doświadczenia.

Przejdźmy teraz do obciążeń wywołujących odkształcenia o zmiennej szybkości, z którymi mamy w praktyce prawie wyłącznie do czynienia.

Wchodzi tu w rachubę nowy czynnik w postaci sił bezwładności i to tym większych, im raptowniej zmienia się szybkość odkształcenia.

Siła obciążenia pokonywa w tym wypadku nie tylko opór sprężysty tworzywa, lecz ponadto siły bezwładności masy tworzywa, co dla pręta ściskanego lub rozciąganego wyrazimy wzorem:

$$F = \frac{M S \Delta l}{l} + \int A \frac{dv}{dt} dl$$

Siła F jest tu niejako wytrzymałością pozorną tworzywa, albowiem zawiera w sobie całkowity opór stawiany przez tworzywo, a składający się z wytrzymałości właściwej i sił bezwładności.

Przy obliczeniach tego rodzaju należy znać zależność modułu M od szybkości odkształcenia, a ponadto uwzględnić wpływ sił bezwładności.

Wprowadzenie do rachunku sił bezwładności w prostych wypadkach nie nastręcza w zasadzie żadnych trudności dla okresu sprężystego, staje się natomiast bardzo trudne w okresie odkształceń plastycznych, a to z powodu naszej nieznajomości wyrażenia odkształceń w funkcji naprężeń w tym okresie.

Uwzględnienie ciężaru własnego w prostych wypadkach może być uskutecznione w sposób podany przez H. Coxa, który upraszcza w wielkim stopniu rachunek, a daje równocześnie wyniki bardzo zbliżone do rzeczywistości. Sposób Coxa polega na tym, że zakładamy, iż siły bezwładności nie zmieniają proporcjonalności odkształcenia do długości pręta. Na tej zasadzie wszystko się dzieje tak, jakby w wypadku pręta rozciąganego jedna trzecia ciężaru pręta była skupiona na jego swobodnym końcu, a cały pręt nie posiadał ciężaru.

Aby pokazać, jaki może być wpływ sił bezwładności na zjawiska wytrzymałościowe, rozpatrzymy dla przykładu najprostszy wypadek rozciągania pręta przy pomocy ciężaru zawieszonego na jego końcu.

Wiadomo, że jeżeli pręt obciążymy pewnym ciężarem Q, to pręt taki zostanie wprawiony w ruch drgający, który określają dwa równania w odniesieniu do końca pręta:

$$\Delta l = C_1 \sin Kt + C_2 \cos Kt + C_3 \quad (1)$$

i

$$v = \frac{d\,\Delta l}{dt} = C_1 K \cos Kt - C_2 K \sin Kt \quad (2)$$

przy czym

$$K = \sqrt{\frac{MSg}{(Q+G)\,l}}$$

gdzie:

Δl = wydłużenie pręta,
v = szybkość, z jaką to wydłużenie następuje w danej chwili (szybkość ruchu dolnego końca pręta),
t = czas,
M = moduł Jounga,
S = pole przekroju pręta,
g = przyśpieszenie ziemskie,
G = ⅓ ciężaru własnego pręta plus ciężar główki,
l = długość pręta.

Wielkość K określa częstość drgań i pozwala obliczyć okres drgania ze wzoru:

$$T = \frac{2\pi}{K} = 2\pi \sqrt{\frac{(Q+G)\,l}{M\,S\,g}}$$

Jest to okres podstawowy tak zwanych głównych drgań, t. j. drgań o najdłuższym okresie, które odgrywają w zagadnieniach technicznych najistotniejszą rolę.

Gdyby nie było żadnych oporów, ruch drgający trwałby nieskończenie długo. W istocie opory wewnętrzne i opory środowiska zmniejszają stopniowo amplitudę drgania, która po pewnym czasie staje się równą zeru. Obciążenie dynamiczne zamienia się wtedy w obciążenie statyczne równe $(Q+G)$, a położenie dolnego końca pręta przy tym obciążeniu określa środkowy punkt drgania.

Przy obliczeniu wytrzymałościowym takiego pręta należy wziąć pod uwagę największe wydłużenie, które zachodzi wówczas, gdy szybkość równa się zeru, t. j. gdy cała żywa siła została pochłonięta przez pracę odkształcenia. Zachodzi to w dolnym skrajnym położeniu pręta. Wydłużenie to jest zawsze większe od wydłużenia statycznego odpowiadającego obciążeniu $(Q+G)$ i wyraża się wzorem:

$$\Delta l_{max} = \Delta l_{(Q+G)} + \sqrt{\Delta l_{(Q+G)}^2 + \frac{V_0^2}{g} \Delta l_{(Q+G)}}$$ (3), gdzie:

Δl_{Q+G} = wydłużenie statyczne przy obciążeniu $(Q+G)$
V_0 = szybkość dolnego końca pręta w chwili po zetknięciu się ciężaru Q i główki pręta.

Szybkość ta bez wielkiego błędu może być określona ze wzoru:

$$V_0 = \frac{Q V}{Q+G}$$

gdzie V jest szybkością spadającego ciężaru Q w chwili zetknięcia się z główką pręta.

Jeżeli $V = 0$

$$\Delta l_{max} = 2 \Delta l_{(Q+G)}$$

Stąd powstało twierdzenie, że obciążenie dynamiczne jest zawsze niebezpieczniejsze od równego mu obciążenia statycznego — twierdzenie wielce powierzchowne i niesłuszne, jak za chwilę zobaczymy.

Wyobraźmy sobie, że masa Q po zetknięciu się z dolnym końcem pręta działa nań swym ciążarem tylko pewien bardzo krótki okres czasu „t_1", krótszy od czasu potrzebnego do osiągnięcia przez pręt wyżej określonego wydłużenia dynamicznego „Δl_{max}"; po czym ciężar Q zostaje w jakikolwiek bądź sposób usunięty. Przyjrzyjmy się zjawiskom, które tu zachodzą. Przede wszystkim pręt osiąga pewne wydłużenie „Δl_1" odpowiadające czasowi działania „t_1", a które możemy łatwo określić z równania (1). Dolny koniec w chwili „t_1" ma pewną szybkość „v_1", daną równaniem (2). Ponieważ od tej chwili ciężar Q nie bierze udziału w ruchu, przeto energia kinetyczna sprowadzi się do

$$\frac{G v_1^2}{2g},$$

a największe wydłużenie będzie wtedy, gdy szybkość stanie się równą zeru, t. j. gdy powyższa ilość żywej siły zamieni się w pracę odkształcenia „Δl_2“ To ostatnie obliczymy z wyrażenia (3), zastępując $(Q+G)$ przez G, a V_0 przez v_1.

Dodając odkształcenia Δl_1 i Δl_2 otrzymamy całkowite wydłużenie pręta w rozpatrywanym wypadku.

Jasną jest rzeczą, iż wydłużenie to będzie mniejsze od wydłużenia Δl_{max} obliczonego wyżej i to tym mniejsze, im krótszy będzie czas działania ciężaru Q. Krańcowy wypadek otrzymamy wtedy, gdy czas działania ciężaru Q będzie równy zeru, a praca odkształcenia będzie równa tylko

$$\frac{G V_0^2}{2g}$$

Z powyższego wynika, że przy pewnym stosunku ciężarów Q i G oraz pewnej szybkości V, może zajść taki wypadek, kiedy największe wydłużenie pręta będzie mniejsze od wydłużenia tegoż pręta przy statycznym działaniu ciężaru $(Q+G)$, co wskazuje na to, iż obciążenie dynamiczne nie jest zawsze niebezpieczniejsze od równego mu co do siły obciążenia statycznego.

Jak nietrudno z wyżej podanych wzorów zauważyć, obciążenie dynamiczne wywoła tym mniejsze odkształcenie pręta, im mniejszy będzie stosunek $\frac{t_1}{T}$, t. j. czasu działania obciążenia do okresu drgania podstawowego pręta.

Weźmy dla przykładu pręt o długości $l = 1000$ mm i średnicy 10 mm obciążony ciężarem 1570 kg. Załóżmy, że $\frac{1}{3}$ ciężaru pręta plus ciężar główki wynosi $G = 2{,}5$ kg.

Przypuśćmy ponadto, że ciężar Q przy zetknięciu się z główką pręta nie posiada żadnej szybkości początkowej, t. j. $V = 0$.

Stałe C_1 i C_2 w równaniach (1) i (2) określimy z warunku, że w dolnym skrajnym położeniu dolnego końca pręta

$$\Delta l = \Delta l_{\max} = 2\,\Delta l_{G+Q} \text{ i } v = 0,$$

skąd

$$C_2 = -\frac{\Delta l_{\max}}{2} = -\Delta l_{Q+G}\,; \quad C_1 = 0\,; \quad C_3 = \frac{\Delta l_{\max}}{2} = \Delta l_{Q+G}.$$

Równania (1) i (2) przybiorą postać:

$$\Delta l = -\Delta l_{Q+G} \cos K t \cdot \Delta l_{Q+G} \qquad (4)$$

$$v = \Delta l_{Q+G} \cdot K \sin K t \cdot \qquad (5)$$

W poniższej tabelce zostały zestawione wartości wydłużeń pręta oraz odnośnych naprężeń rozciągających dla czterech wypadków:

a) — ciężar Q działa statycznie,

b) — ciężar Q działa dynamicznie pozostając w kontakcie z główką pręta dłuższy okres czasu,

c) — ciężar Q działa dynamicznie przez przeciąg 0,02 sek,

d) — ciężar Q działa dynamicznie przez przeciąg 0,01 sek.

	Δl_{mm}	σ_{kg/cm^2}
a	0,372	2000
b	0,744	4000
c	0,480	2580
d	0,250	1035

Jak widzimy, różnice są bardzo wielkie. W ostatnim wypadku otrzymujemy naprężenie prawie dwukrotnie mniejsze niż przy obciążeniu statycznym, mimo dynamicznego działania ciężaru Q.

W każdym zatem wypadku dynamicznego obciążenia winien być brany w rachubę czas jego trwania, który odgrywa równie ważną rolę jak i wielkość samego obciążenia.

Obciążenia dynamiczne można na tej podstawie podzielić na obciążenia dynamiczne długotrwałe, działające na układ w czasie równym conajmniej połowie okresu podstawowego drgania układu, oraz obciążanie dynamiczne krótkotrwałe, których czas działania jest krótszy.

Ten drugi rodzaj obciążeń spotyka się w praktyce nader często, np. przy wszelkich maszynach szybkobieżnych, mostach kolejowych, a zwłaszcza *broni palnej*.

Jak wielką wagę ma poruszone zagadnienie dla konstrukcji broni palnej zrozumiemy, gdy uświadomimy sobie, że czas działania gazów prochowych w lufie armatniej trwa parę tysięcznych sekundy, a czas działania siły hamowania opornika przeciętnie około 0,2 sek. Jeżeli ponadto weźmiemy pod uwagę, że konstrukcja łoża dział polowych jest najczęściej bardzo lekka i sprężysta *), zrozumiemy dlaczego często niektóre części działa obciążone powyżej granicy sprężystości materiału, z którego zostały wykonane, nie ulegają w pracy żadnym odkształceniom.

---

*) Łoże działa polowego jest wykonywane z blachy ze stali niklowej o wysokiej granicy sprężystości i posiada skutkiem tego stosunkowo małe przekroje.

662.1

Prof. dr. URBAŃSKI TADEUSZ i inż. WOŹNIAK STANISŁAW.

BADANIA PEWNYCH WŁASNOŚCI MIESZANEK SYGNALIZACYJNYCH I OŚWIETLENIOWYCH

Amunicja pirotechniczna, służąca do oświetlania terenów oraz sygnalizacji świetlnej i podawania wiadomości według umówionego klucza, zawdzięcza wojnie 1914-18 r. swoją obecną rolę.

Prawie wszystkie wojska, przystępujące w 1914 r. do wojny, były albo bardzo słabo zaopatrzone w taką amunicję, albo też nie posiadały jej prawie wcale. Tak więc, w Rosji wojsko polowe zupełnie nie było zaopatrzone w amunicję sygnalizacyjną i oświetlającą.

W podobnym stanie znajdowało się wojsko amerykańskie w chwili przystąpienia do wojny. Istniejący sprzęt zupełnie nie nadawał się do użytku.

Tymczasem wojna, szczególnie pozycyjna, prowadzona na zachodnim froncie wykazała ogromną wartość sygnalizacji pirotechnicznej. Toteż w krótkim czasie wojsko niemieckie wprowadziło w użycie wiele odmian amunicji sygnalizacyjnej, wyrabiając co miesiąc, przy końcu wojny, 6 milionów nabojów oświetlających i sygnalizacyjnych.

Stany Zjednoczone Ameryki Północnej, przekonawszy się o konieczności wprowadzenia amunicji oświetlającej

i sygnalizacyjnej, zorganizowały specjalne laboratorium w Uniwersytecie w Waszyngtonie, które opracowało typy amunicji pirotechnicznej oparte na wzorach francuskich. Pośpieszna, na poczekaniu zorganizowana fabrykacja nie dała tu dobrych wyników, toteż, zdając sobie sprawę z ważności zagadnienia amerykańskie ministerium wojny powołało do życia w 1919 r. specjalny komitet „Pyrotechnic Board", a wkrótce dział pirotechniczny został stworzony w zbrojowni w Picatinny. Obecnie dział ten rozwinął się w małą fabryczkę, która w każdej chwili może przejść do wyrobu na wielką skalę [1]).

Współczesna służba łączności jest niemożliwa bez pirotechnicznych środków sygnalizacyjnych dających możność taniego, szybkiego i łatwego komunikowania się przeróżnym jednostkom różnych rodzajów broni na lądzie, na wodzie i w powietrzu. Oświetlanie terenu walki, przedpola lub tyłów, wreszcie terenu lądowania samolotów z pomocą środków pirotechnicznych nadzwyczaj tanich, łatwych, szybkich i prostych w użyciu, nie wymagających specjalnych urządzeń i przygotowań — stało się nadzwyczaj ważnym środkiem pomocniczym w walce. W niektórych przypadkach oświetlanie pirotechniczne stanowi może niemal jedyny możliwy sposób oświetlania terenu: naprzykład z samolotu w czasie działań nocnych, w czasie walk na ziemi, gdy trzeba znienacka i często oświetlać pozycję nieprzyjaciela nie zdradzając własnego stanowiska i miejsca, z którego wypuszczono oświetlający ładunek.

Mimo że pirotechniczne mieszanki, dające światło białe lub zabarwione, były znane już w bardzo dawnych czasach i pierwsze wskazówki o ich istnieniu sięgają

---

[1]) *I. A. Crump.* Army Ordnance 7, 23 (1926).

w Chinach XIII stulecia [2]), w Europie (do celów rozrywkowych) — XVII st. a w technikę wojenną wprowadzono je w użycie już w XIX st., brak w literaturze zupełnie ściślejszych badań naukowych nad wpływem poszczególnych składników tworzących mieszaniny na kształtowanie się barwy i siły światła.

Literatura powojenna zawiera wprawdzie szereg poważnych publikacyj na interesujący nas temat [3]), jednakże żadna z nich nie wyczerpuje postawionego tu zagadnienia, pomimo że wszystkie podkreślają konieczność takich badań [4]).

Wyjaśnienie podstawowych własności mieszanek, roli poszczególnych składników i wypełnienie istniejącej luki było właśnie celem pracy niniejszej.

Ogólne zasady dobierania składu mieszanek pirotechnicznych.

Początki zastosowania mieszanek oświetlających i sygnalizacyjnych sięgają czasu wynalezienia prochu czarnego, który też przez dłuższy okres czasu był podstawowym składnikiem mieszanek pirotechnicznych. Składniki prochu czarnego przetrwały w tych mieszankach do dzisiejszego dnia. Znakomite zwiększenie efektów dało jednakże użycie mieszanek z chloranem potasu, którego wynalezienie i użycie w technice wybuchowej zawdzięczamy B e r t h o l l e t o w i (1786-1788). Dalszym etapem było wykorzystanie jaskrawego płomienia, jaki powstaje przy spalaniu się metali lekkich — magnezu i glinu. Magnez

²) *A. St. H. Brock.* Pyrotechnics. London, 1922.

³) *H. B. Faber.* Military Pyrotechnics. Washinton, 1919.

⁴) *A. Langhans.* Z. ges. Schiess-Sprengstoffw. *18,* 34 (1922) *I. A. Crump.* loc. cit.

w mieszankach świetlnych zastosował po raz pierwszy M. Meyer w 1865 r., glin — Chertier w 1894 r.

Każda mieszanka świetlna składa się z następujących składników:

1) Nośnika tlenu, do których zwykle należą azotany lub chlorany;

2) Palnej substancji jak siarka, węgiel, szellak, cukier mleczny, węgiel a w nowszych mieszankach — metaldehyd, parafina. Substancje te z jednej strony umożliwiając i podtrzymując spalenie, dzięki zmieszaniu z nośnikiem tlenu, powodują powstawanie płomienia niekiedy dosyć jaskrawego (cukier mleczny), z drugiej strony regulują szybkość palenia się. Niektóre z nich (szellak) odgrywają dodatkowo rolę lepiszcza.

3) Substancji dającej intensywny efekt świetlny lub barwny. Należą tu substancje palne, takie jak magnez, glin, siarczek antymonu dające jaskrawy płomień biały oraz sole barwiące płomień na czerwono (sole strontu), na zielono (sole baru), na żółto (sole sodu), na niebiesko (sole miedzi).

Barwiącymi solami są tylko takie, które rozkładają się w chwili spalania mieszanki, a więc takie jak chlorany, azotany, szczawiany.

Ostatecznie można podać następujące zestawienie substancyj najbardziej używanych do tworzenia mieszanek pirotechnicznych (według E. Lorentza[5]) z uzupełnieniami autorów pracy niniejszej). (p. str. 47).

Z braku szellaku Niemcy stosowali w czasie wojny 1914-18 r. żywice sztuczne (np. bakelit). Ostatnio zaczęto stosować metaldehyd, który odznacza się tym, że zupełnie nie pozostawia żużlu.

---

[5]) *E. Lorentz.* Z. ges. Schiess-Spregstoffw. *25*, 11 (1930).

Barwa światła	Nośniki tlenu	Substancja barwiąca	Substancja palna[1]
Biała	Azotan baru	Al lub Mg	
Czerwona	Chloran potasu	Szczawian strontu	Siarka
Zielona	Chloran baru		Szellak
Żółta	Chloran potasu	Szczawian sodu	Szellak
	lub	lub	Szellak
	Saletra sodowa	fluorek sodowo-glinowy	

Użycia magnezu naogół się unika, ze względu na to, że metal ten łatwo utlenia się w czasie przechowywania, szczególnie w obecności wilgoci.

Część doświadczalna.

Metoda badania.

Badanie własności mieszanek dokonywano drogą pomiaru:

a) siły światła,

b) intensywności promieni poszczególnych barw,

c) czasu palenia się.

Poza tym dla niektórych mieszanek zbadano:

d) widmo.

Do doświadczeń mieszanki świetlne umieszczano w rurkach z *tomofanu*, średnicy 8 mm, tak że warstwa materiału palnego wypełniała rurkę na przestrzeni 10 cm.

Dążono też do tego, by we wszystkich pomiarach gęstość takiego ładunku była jedna i ta sama.

S i ł a ś w i a t ł a.

Siłę światła określano za pomocą fotokomórki połączonej z galwanometrem wycechowanym w luksach.

Posiłkowano się wzorem:

$$I = E \cdot r^2,\ \text{gdzie}$$

I — siła światła w świecach Hefnera,

E — pokazanie galwanometru w luksach,

(luks odpowiada sile światła, które 1 świeca H e f n e r a daje z odległości 1 metra).

r — odległość w metrach od źródła światła do fotokomórki.

Celem poznania intensywności poszczególnych barw, badano również zaczernienie kliszy wzorcowej umieszczonej pod sensytometrem klinowym E d e r a - H e c h t a, zawierającym klin szary oraz kliny barwne: niebieski, zielony, żółty, czerwony. Zaczernienie (wyrażone stopniami E d e r a - H e c h t a) badano dla promieni białych oraz przepuszczanych przez wspomniane filtry.

Używano zawsze jedne i te same błony cięte Kodaka: Eastman Super-Sensitive Pancromatic. Wywoływano i utrwalano zawsze jednakowo.

Czas palenia się mierzono sekundomierzem. Znając czas palenia się oraz siłę światła i masę palącej się mieszanki obliczano wydajność świetlną mieszanki, t. j. całkowitą ilość energii świetlnej, promieniowanej przez jednostkę masy mieszanki:

$$W = \frac{I \cdot t}{m},\ \text{gdzie}$$

W — wydajność świetlna,

t — czas trwania palenia się mieszanki,

m — masa mieszanki.

W ten sposób zbadano szereg podstawowych mieszanek, których skład odpowiadał kompozycjom najbardziej używanym w praktyce.

Zbadano mianowicie mieszanki dające światło·

I — białe,

II — zielone,

III — żółte,

IV — czerwone.

I. Mieszanki dające białe światło.

Mieszanki „białe", t. j. dające biały płomień, zawierają *Al* lub *Mg* jako substancję świecącą przy paleniu się, siarkę lub szellak jako substancje palne, azotan baru jako nośnik tlenu. Obok tych podstawowych mieszanek bywają stosowane mieszanki składające się z KNO_3, siarki i Sb_2S_3 [6]).

Mieszanki z azotanem baru są mieszankami udoskonalonymi, dają one bardziej jaskrawe światło. Wobec tego w badaniach ograniczyliśmy się do mieszanek składających się z $Ba/NO_3/_2$, *Al* lub *Mg* i siarki.

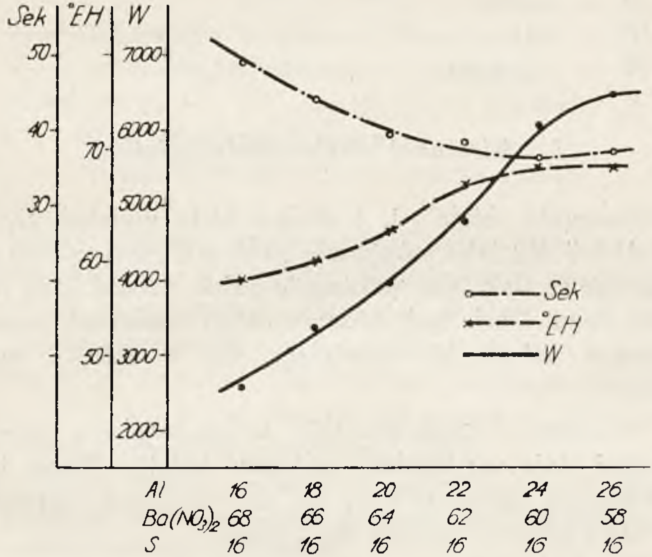
Wyniki badania przedstawia tablica I i II oraz rys. 1.

W przypadku mieszanek zawierających glin metaliczny, widać znaczny wzrost wydajności świetlnej mieszanek w miarę zwiększania zawartości glinu, przy czym zwiększenie tej zawartości z 24% do 26% nieznacznie już tylko zwiększa wydajność. W podobny sposób wzrasta zaczernienie kliszy pod sensytometrem. Czas trwania palenia się mieszanek maleje w miarę wzrostu zawartości glinu.

---

[6]) *K. Gelingsheim.* Z. Schiess-Spregstoffw. *16.* 101 (1920).

Wykonanc również szereg mieszanek o zwiększonej zawartości glinu: 28% i 30%. Okazało się, że mieszanki te jak również mieszankaNr. 1 zawierająca 26% *Al*, wykazują trudną zapalność i dużą nieregularność palenia się. Podobnie zachowywały się mieszanki o zmniejszonej lub zwiększonej zawartości siarki: 14% i 18%.



Rys. 1.

Wobec tego za najlepszą z pośród zbadanych mieszanek należałoby uznać mieszankę Nr. 2, która zresztą niewiele różni się od mieszanki, jaka stosowana była od 1897 r. przez wojsko niemieckie, a składa się z:

63,7% $Ba/NO_3/_2$,
15,9% siarki,
20,4% *Al.*[7])

---

[7]) *H. Henkel.* Z. ges. Schiess-Sprengstoffw. *23*, 273 (1928).

Tablica I.

Ilość mieszanek każdorazowo wynosiła 6,55 g; gęstość ładowania 1,22.

Nr.	$Ba/NO_3/_2$	Al	Siarka	Szellak	Czas palenia się sek.	Pomiar fotokomórką z odległości 3,75 m. Średnie pokazanie galwanometru. Luksy	Pomiar fotokomórką z odległości 3,75 m. Siła światła *H. F.*	Pomiar fotokomórką z odległości 3,75 m. Wydajność świetlna *HF.* czas/g	Badania sensytometrem ^0EH
1	58	26	16	—	37,2	81,0	1139	6470	68
2	60	24	16	—	36,1	77,7	1093	6024	68
3	62	22	16	—	38,3	58,2	818	4783	66
4	64	20	16	—	39,7	46,7	657	3982	63
5	66	18	16	—	44,1	35,5	499	3360	60
6	68	16	16	—	49,0	24,3	342	2558	58
7	65	19,9	12,6	2,5	29,8	58,8	827	3763	60

Mieszanka Nr 2 odpowiada mieszance, podanej przez L a n g h a n s a[8]):

60% $Ba/NO_3/_2$,
$15{,}25\%$ S,
$24{,}75\%$ Al.

Mieszanki białe z magnezem metalicznym spalały się zbyt szybko, o ile zawartość magnezu zwiększono ponad 30% (mieszanki Nr Nr 12-14, tablica II). Dlatego więc ograniczono się do mieszanek $Ba/NO_3/_2$, Mg i siarki, w których ilość Mg wynosiła 19-22% (mieszanki Nr Nr 8-10). Obserwujemy tu znacznie szybsze spalanie w porównaniu

[8]) *A. Langhans.* loc. cit.

do mieszanek z glinem oraz bardzo dużą siłę światła. Mieszanka Nr 8 odpowiada dokładnie mieszance stosowanej dawniej w wojsku niemieckim [9]). Mieszanka Nr 11, w której siarkę zastąpiono niewielką ilością szellaku a jednocześnie zwiększono zawartość magnezu, wyróżniła się ogromną wydajnością świetlną. Obecność szellaku gwarantuje poza tym umiarkowaną szybkość palenia się mieszanki pomimo zawartości 30% *Mg*.

Tablica II.

Ilość mieszanki każdorazowo — 5,55 g; gęstość ładowania 1,04.

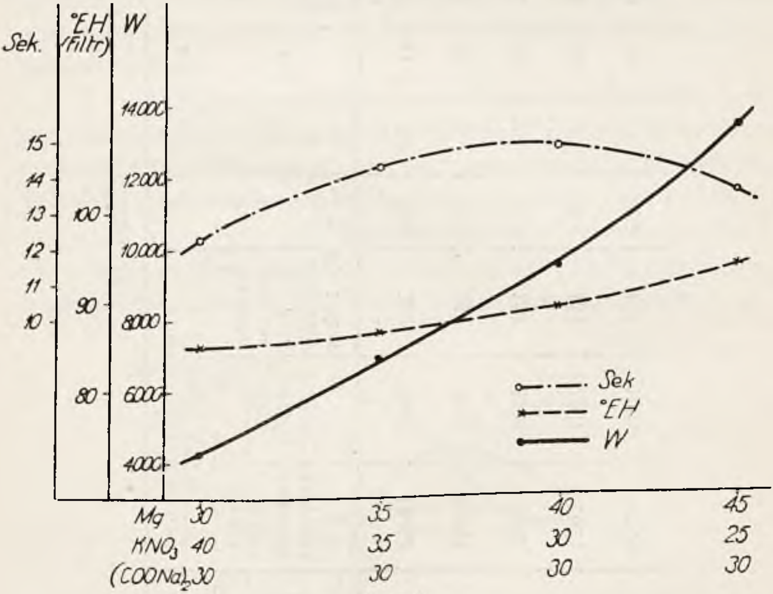
Nr.	Skład				Czas palenia się sek.	Pomiar fotokomórką z odległości 3,75 m.			Badania sensytometrem. ^0EH
	$Ba(NO_3)_2$	Mg	Siarka	Szellak		Średnie pokazanie galwanometrem. Luksy	Siła światła *HF*	Wydajność świetlna *HF*. czas/g	
8	65	19	16	—	13,3	45	633	1517	59
9	67	19	14	—	10.7	90	1265	2439	59
10	63	22	15	—	5,9	275	3867	4111	59
11	66	30	—	4	9,7	610	8578	14992	76
12	60	40	—	—	3,1	Spalają się bardzo szybko, wobec czego nie badano bliżej.			
13	55	35	10	—	3,3				
14	55	30	15	—	2,3				

[9]) *Kast.* loc. cit.

II. Mieszanki dające żółte światło.

Mieszanki te zwykle zawierają saletrę potasową, szczawian sodu (jako substancję barwiącą płomień), magnez metaliczny i substancję palną oraz lepiszcze.

Wstępnie doświadczenia wykazały, że mieszanki zawierające 30⁰/₀ szczawianu sodu, 20-45⁰/₀ KNO_3, 45-20⁰/₀ *Al* oraz 5⁰/₀ szellaku nie palą się. Natomiast mieszanki zawierające magnez metaliczny spalają się z dużą łatwością. Wyniki przedstawia tablica III i rys. 2.



Rys. 2.

Wszystkie mieszanki należą do względnie szybkopalnych, co wywołane jest obecnością magnezu. Najlepszą wydajność światła wykazała mieszanka Nr 15, odpowiadająca używanej przez wojsko niemieckie w czasie wojny 1914-18 r.

Tablica III.

Nr.	Ilość mieszanki g.	Gęstość	KNO_3	Skład: Szczawian sodu	Skład: Mg.	Skład: Szellak	Czas palenia się sek.	Pomiar fotokomórką z odległ. 3,75 m.: Średnie pokazania galwanometru. Luksy	Pomiar fotokomórką z odległ. 3,75 m.: Siła światła *HF*	Pomiar fotokomórką z odległ. 3,75 m.: Wydajność świetlna *HF*. czas / g	Badania sensytometrem, ^0EH: Bez filtru barwnego	Badania sensytometrem, ^0EH: Z filtrem żółtym
15	3,78	0,75	28	28	41,5	2,5	10,8	360	5062	14462	94	90
16	3,78	0,75	25	30	45	—	13,8	264	3712	13551	95	95
17	3,78	0,75	30	30	40	—	15,4	169	2376	9680	92	90
18	4,52	0,84	35	30	35	—	14,4	157	2207	7031	89	87
19	4,52	0,84	40	30	30	—	12,3	111	1561	4248	86	85

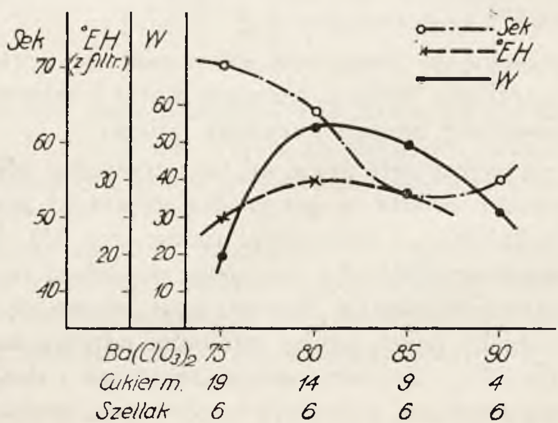
III. Mieszanki dające światło zielone.

Głównym składnikiem takich mieszanek jest zazwyczaj chloran baru. Jest on nośnikiem tlenu a zarazem substancją barwiącą płomień. Substancję palną stanowi zwykle — siarka, szellak, cukier mleczny.

Najprostszą mieszanką jest mieszanina stosowana w Niemczech w okresie wielkiej wojny utworzona z 86% $Ba(ClO_3)_2$ i 14% szellaku.

Charakterystyczna dla takich mieszanin jest wysoka zawartość chloranu baru; przy mniejszej zawartości — jak wykazały nasze badania — barwa płomienia nie jest jednolicie zielona.

Wyniki badania mieszanin utworzonych z $Ba/ClO_3/_2$, cukru mlecznego i szellaku podaje tablica IV i rys. 3. Charakterystyczna dla tych mieszanek jest mała wydajność światła. Wzrasta ona w miarę zwiększania zawrtości cukru mlecznego z 4% do 14% kosztem zmniejszenia zawartości chloranu baru (z 90% do 80%). Dalszy wzrost ilości cukru powoduje już znaczne osłabienie intensywności światła.



Rys. 3.

Tablica IV.

Ilość mieszanki każdorazowo — 7,04 g; gęstość ładowania 1,33.

Nr.	Skład			Czas palenia się sek.	Pomiar fotokomórką z odległ. 1 m.			Badanie sensytometrem °*EH*	
	$Ba/ClO_3/_2$	Cukier mleczny	Szellak		Średnie pokazania galwanometru. Luksy	Siła światła *HF*	*HF* czas/g	Bez filtru barwnego	Z filtrem zielonym
20	90	4	6	55	4	4	31,3	—	—
21	85	9	6	53	6.5	6,5	48.9	59	28
22	80	14	6	64	6	6	54,5	60	30
23	75	19	6	70	1.9	1,9	18.9	54	25

Większą wydajność świetlną dają mieszanki utworzone z chloranu baru, siarki (zamiast cukru mlecznego) i szellaku. Zestawienie wyników badania takich mieszanek podaje tablica V i częściowo rys. 4.

Wykonano tu dwie serie mieszanek: 1) o stałej zawartości szellaku (6%) a zmiennej siarki i chloranu baru i 2) o zawartości zmiennej szellaku i siarki.

W pierwszej serii (rys. 4) spostrzegamy maksimum intensywności światła w przypadku mieszanki zawierającej 83% $Ba/ClO_3/_2$ i 11% siarki (miesz. Nr. 27). Większe i mniejsze ilości $Ba/ClO_3/_2$ lub siarki powodują zmniejszenie intensywności światła. Również czas palenia się mieszanek przechodzi przez pewne minimum odpowiadające 83—85% $Ba/ClO_3/_2$. Zarówno zmniejszenie, jak i zwiększenie zawartości chloranu, powoduje zmniejszenie szybkości palenia się mieszanek.

Tablica V.

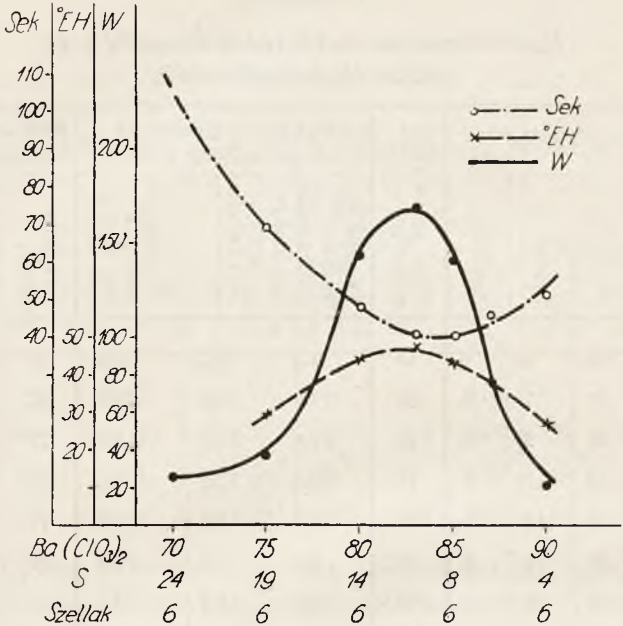
Ilość mieszanki każdorazowo — 7,78 g;
gęstość ładowania 1,47.

Nr.	Skład			Czas palenia się sek.	Pomiar fotokomórką z odległości 1 m.			Bad. sensytometrem ^0EH	
	$Ba/ClO_3/_2$	Siarka	Szellak		Średnie pokazanie galwanometru. Luksy	Siła światła *HF*	Wydajność świetlna *HF*. czas/g	Bez filtru barw.	Z filtrem zielonym
24	90	4	6	52	3,2	3,2	21,4	57	27
25	87	7	6	46	13,0	13,0	76,9	67	38
26	85	9	6	40	27,6	27,6	141,9	72	43
27	83	11	6	41	32,0	32,0	168,6	76	47
28	80	14	6	47	23,8	23,8	143,8	72	44
29	75	19	6	69,5	4,2	4,2	37,5	59	29
30	70	24	6	105,5	2,0	2,0	27,1	—	—
31	85	5	10	50	39,6	39,6	254,5	75	45
32	83	7	10	54,5	28,7	28,7	201,0	71	42
33	85	—	15	69	22,4	22,4	198,7	71	42

W drugiej serii pomiarów (do której należy włączyć mieszanki Nr Nr 31-33) widać, że częściowe a nawet całkowite zastąpienie siarki szellakiem może zwiększyć wydajność światła.

Wreszcie zbadano możliwość zastąpienia szellaku w mieszankach zielonych metaldehydem. Według F o u l o n a [10]) metaldehyd zapewnia bezpieczeństwo przygotowywania i użycia mieszanek, zmniejszając wrażliwość ich na uderzenie.

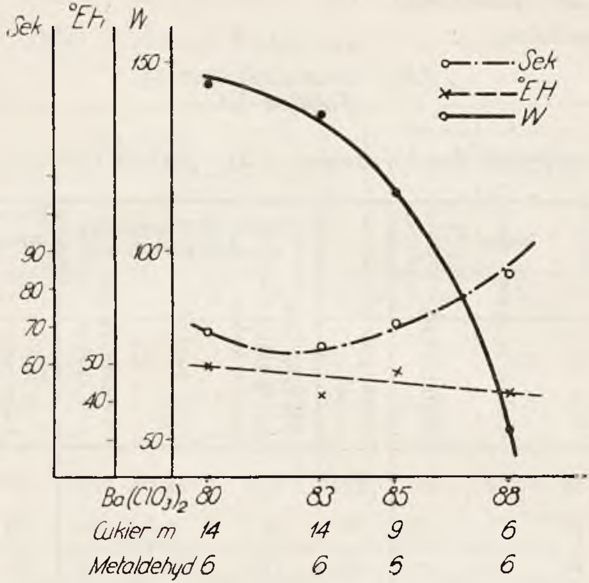
[10]) *Foulon.* Z. ges. Schiess-Spregstoffw. *28*, 376 (1933).



Rys. 4.

Jak widać z porównania wyników przedstawionych na tablicy VI i rys. 5 z wynikami na tablicy IV, obecność metaldehydu korzystnie odbija się na wydajności świetlnej mieszanek zawierających cukier mleczny obok chloranu baru.

Wydajność świetlna obniża się w miarę zmniejszania ilości metaldehydu z 11% do 6% (przy stałej zawartości $Ba(ClO_3)_2$ — 80%) oraz z 8% do 6% (przy zawartości $Ba(ClO_3)_2$ —85%). Wreszcie zwiększenie ilości chloranu kosztem zmniejszenia zawartości cukru mlecznego również obniża wydajność świetlną.



Rys. 5.

Obniżenie zawartości metaldehydu (np. z 11% do 6%) może przyśpieszyć spalanie się mieszanek.

IV. Mieszanki dające światło czerwone.

W czasie wojny 1914-18 r. Niemcy stosowali mieszankę składającą się z 26% szczawianu strontu, jako substancji barwiącej, 65% chloranu potasu i 9% szellaku.

Mieszankę tę przyjęto za wzorcową i sporządzono nast. jej odmiany:

Nr		45	46	47	48
szczawian strontu	%	26	26	22	22
chloran potasu	„	65	65	65	67
glinu	„	—	6	10	—

cukru mlecznego	%	—	—	—	8
szellaku	"	9	3	3	3

Tablica VI.

Ilość mieszanki każdorazowo—7,04; gęstość ładowania 1,33.

Nr.	Skład			Czas palenia się w sek.	Pomiar fotokomórką z odległości 1 m.			Badanie sensytometrem °*EH*	
	Ba/ClO$_{3}$/$_{2}$	Cukier mleczny	Metaldehyd.		Średnie pokazania galwanometru. Luksy	Siła światła *HF*	Wydajn. światł. *HF* czas/*g*	Bez filtru barwnego	Z filtrem zielonym
34	80	4	11	111	14,1	14,1	222	—	—
35	80	9	8	78	16,3	16,3	181	79	46
36	80	14	6	69	14,7	14,7	144	81	50
37	83	11	6	65	14,7	14,7	136	77	44
38	85	9	6	70	11,6	11,6	115	80	48
39	88	6	6	83,5	4,4	4,4	52	75	42
40	85	7	8	80,5	13,6	13,6	156	—	—

Wszystkie, z wyjątkiem Nr 48, wykazywały bardzo nierówne palenie się, przede wszystkim zaś obecność dużej ilości żużla, który tworzył powierzchnię uniemożliwiającą palenie się substancji. Mieszanka Nr 48, prawdopodobnie dzięki zawartości dużej ilości cukru mlecznego, spalała się łatwo. Wobec tego dalsze mieszanki sporządzono z cukrem mlecznym (tablica VII). Na tablicy podano również mieszankę używaną przed 1914 r. w Niemczech zawierającą kalomel.

Tablica VII.

Ilość mieszanki każdorazowo — 5,56 g; gęstość ładowania 1,05.

Nr.	Skład					Czas palenia się sek.	Pomiar fotokomórką z odległości 1 m.		
	$KClO_3$	Szczawian strontu	Hg_2Cl_2	Cukier mleczny	Szellak		Średnie pokazania galwanometru. Luksy	Siła światła *HF*.	Wydajność świetlna *HF*. czas/g
41	61,5	21	3,5	7	7	57	9,2	9,2	94,3
42	63,5	19	—	10,5	7	52	11,8	11,8	110,4
43	65,5	17	—	10,5	7	51	14,4	14,4	132,1
44	67,5	15	—	10,5	7	53,5	12,3	12,3	118,4

Próby zastąpienia szellaku metaldehydem nie dały tu wyniku dodatniego: mieszanki Nr Nr 49-55 zawierające 26% szczawianu strontu, 60-64% $KClO_3$, 14—2% metaldehydu, 4-12% cukru mlecznego spalały się źle, często gasły, dawały płomień o niejednolitej, mało czerwonej barwie.

Analizę widmową dokonano na kilku mieszankach najbardziej charakterystycznych dających białe, żółte, zielone i czerwone światło. Jedynie mieszanki białe wykazywały widmo ciągłe. Mieszanki barwne — widma prążkowane, odpowiadające prążkom metali zawartych w mieszankach.

Badania własności wybuchowych pewnych mieszanek.

Badanie to polegało przedewszystkim na oznaczeniu zapalności poszczególnych mieszanek jako własności bardzo ważnej, gdyż względna łatwość zapalenia mieszanek

jest koniecznym warunkiem ich dobrego funkcjonowania. Z drugiej strony, przy zapalaniu się mieszanka nie powinna detonować, — nie powinna więc mieć wyraźnie zaznaczonych własności wybuchowych.

Zdolność detonowania i ewentualną siłę wybuchu zbadano działaniem spłonki w bloku ołowianym.

Również mieszanki nie powinny łatwo wybuchać od uderzenia — zbadano więc zachowanie się na kafarku.

I. *Zapalność* badano na wahadle używanym już do tego celu przez niemiecki Chemisch-Technische Reichsanstalt i opisanym przez F. Lenzego i współpracowników [11]).

Zachowano nast. warunki: długość płomienia — 14 cm., odległość od końca palnika do łódeczki — 10 cm.

Okazało się, że najłatwiej zapalają się mieszanki zielone zawierające chloran baru, siarkę i szellak, najtrudniej — żółte ze szczawianem sodu, magnezem, siarką oraz białe z azotanem baru, glinem i siarką.

Niektóre z tych badań podaje tablica VIII.

II. Próba w bloku ołowianym.

Wyraźnie własności wybuchowe wykazują mieszanki białe zawierające azotan baru, glin i siarkę oraz zielone z chloranu baru i substancyj organicznych. Natomiast bardzo słabo wybuchowa jest mieszanka żółta jak to widać z zestawienia:

1) Mieszanka żółta:

szczawian sodu — 30%
KNO_3 — 25%
Mg — 45%

Wydęcie — 30 cm^3.

---

[11]) *F. Lenze, Selle* i *Koehnen.* Z. ges. Schiess-Sprengstoffw.

2) Mieszanka biała:

$Ba/NO_3/_2$ — 60%
Al — 24%
Siarka — 16%

Wydęcie — 125 cm^3

3) Mieszanka zielona:

$Ba/ClO_3/_2$ — *83%*
Siarka.. — 7%
Szellak — 10%

Wydęcie 170 cm^3.

Tablica VIII.

Rodzaj mieszanek i skład		Zielone			Żółte	Białe
		$Ba(ClO_3)_2$ 85% Siarka — Szellak 15%	85% 5% 10%	83% 7% 10%	*KNO_3* 28% Szczawian *Na* 28% *Mg* 41,5% Szellak 2,5%	*$Ba(NO_3)_2$* 58% *Al* 26% *S* 16%
Liczba (przeciętna z 3-ch oznaczeń) wahań powodujących zapalenie się mieszanek przy kącie wychylenia wahadła:	15^0	8,1	3	3	322	—
	10^0	3.1	2	2	180	216
	5^0	1,7	1	1	8	21

III. Wrażliwość na uderzenie.

Mieszanki białe i żółte nie wybuchały od uderzenia ciężaru 2 kg z wysokości 1,0 m.

Mieszanka zielona o składzie: 85% $Ba(ClO_3)_2$ i 15% szellaku wybuchać zaczyna (10% wybuchów) od uderzenia 2 kg z wysokości 23 cm, 50% wybuchów daje przy wysokości 30 cm.

Prof. dr. URBAŃSKI TADEUSZ i WŁADYSŁAW MIŁADOWSKI.

O STAŁOŚCI CZTEROAZOTANU PENTAERYTRYTU*).

W literaturze chemicznej znajdujemy dosyć różnorodne poglądy na stałość czteroazotanu pentaerytrytu.

Tak więc Stettbacher[1]) podaje, że ta, tak ważna obecnie substancja wybuchowa, ujawniła wysoką stałość przy użyciu próby Abla.

Metz[2]) nie potwierdza jednak tej obserwacji znajdując, że nawet bardzo czysty preparat, nie dający żadnej reakcji w próbie Abla w 71,1° przez 1½ godz., wykazuje niedostateczną stałość już przy ogrzewaniu w 120°. Badanie stałości wykonał autor przez pomiar stężenia jonów wodorowych rozpuszczonych w wodzie produktów rozkładu substancji ogrzewanej w 100°, 120°, lub 132° w ciągu szeregu godzin (rys. 1).

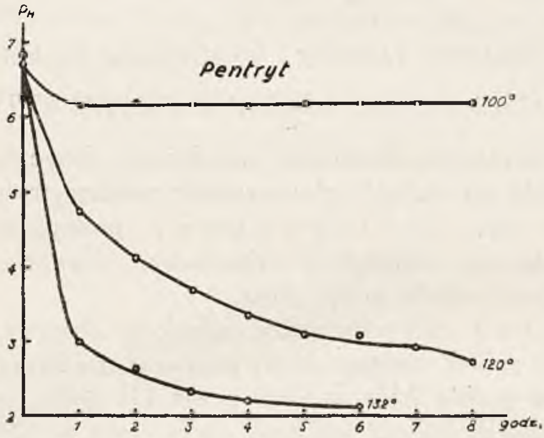
Dalsze prace różnych autorów zdają się wskazywać na znaczną stałość czteroazotanu pentaerytrytu.

Tak więc Stettbacher[3]) stwierdza, że papierek nasycony jodkiem cynku i skrobią nie zabarwia się przy ogrzewaniu pentrytu w 102° przez 8 godzin i następnie dalsze 8½ godz. P_H otrzymane z ogrzewania pentrytu przez 16½ godzin w 102° wykazuje nieco mniejszą kwasowość niż P_H z ogrzewania heksogenu w tych samych warunkach.

---

*) Referowano na posiedzeniu Towarzystwa Wojskowo-Technicznego 13-go czerwca 1936 r.

Badanie M a j r i c h a[4]) polegające na ogrzewaniu 100 g próbek w 80° (próba G r o t a n e l l i e g o) dowodzi, że kwasowość produktów wydzielających się z pentrytu jest mniej więcej taka sama jak i produktów wydzielających się z heksogenu.



Rys. 1.

Ten sam mniej więcej wynik daje próba T a l i a n i e g o.

M a j r i c h bada również porównawczo temperaturę pobudzającą pentryt i heksogen znajdując przewagę po stronie heksogenu (270° i 320°). Wreszcie badanie straty ciężaru przy ogrzewaniu w 100° wykazuje znów przewagę pentrytu nad trotylem.

M a j r i c h wnioskuje ostatecznie, że pod względem stałości pentryt nie ustępuje trotylowi.

Rozbieżność wyników uzyskanych przez S t e t t b a c h e r a i M a j r i c h a z jednej strony, a M e t z a z drugiej, możnaby wytłumaczyć, zdaniem autora pracy niniejszej, tym, że rozmaici autorzy stosowali do badań

próbki pentrytu rozmaitej czystości, a — jak się okazuje — zanieczyszczenia występujące w pentrycie w minimalnej nieraz ilości, powodować mogą znaczne obniżenie stałości substancji.

Tak więc badania wykonane w okresie czasu 1932 — 1935 r. przez autora pracy niniejszej i współpracowników[5]) wykazały, że obecność w pentrycie niewielkiej ilości (zbadano dodatek od 1% wzwyż) nitrozwiązku aromatycznego powoduje znaczny spadek stałości. Pod tym względem pentryt zasadniczo różni się od innych estrów kwasu azotowego: nitrocelulozy i nitrogliceryny. Mianowicie nitrozwiązki aromatyczne działają stabilizująco na nitrocelulozę i raczej obojętnie (lub zlekka tylko destabilizująco) na nitroglicerynę.

Podstawowe spostrzeżenia dokonane w tej pracy dają się zobrazować na przykładzie mieszanin badanych estrów z trójnitrotoluenem (Tablica I).

Dane te podaje wykres rys. 2. Jak widać z liczb P_H czystego pentrytu, preparat użyty w danych doświadczeniach był znacznie bardziej czysty niż preparat stosowany przez M e t z a*).

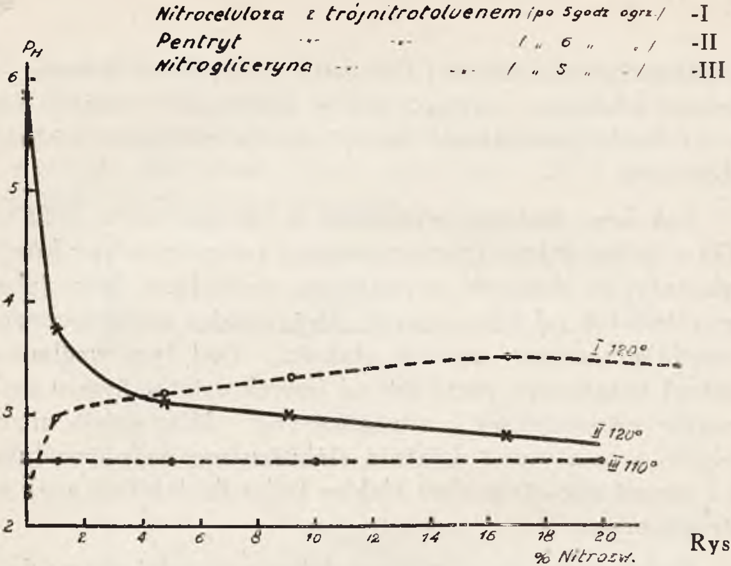
Jeszcze jaskrawiej uwydatnia się destabilizujące działane trójnitrotoluenu na pentryt przy użyciu metody oznaczania stałości według T a l i a n i e g o (Tablica II).

Liczby te zestawione są na wykresie — rys. 3.

Ostatnio T o n e g u t t i[6]) stosując próbę T a l i a n i e g o uzyskał identyczne w zasadzie wyniki.

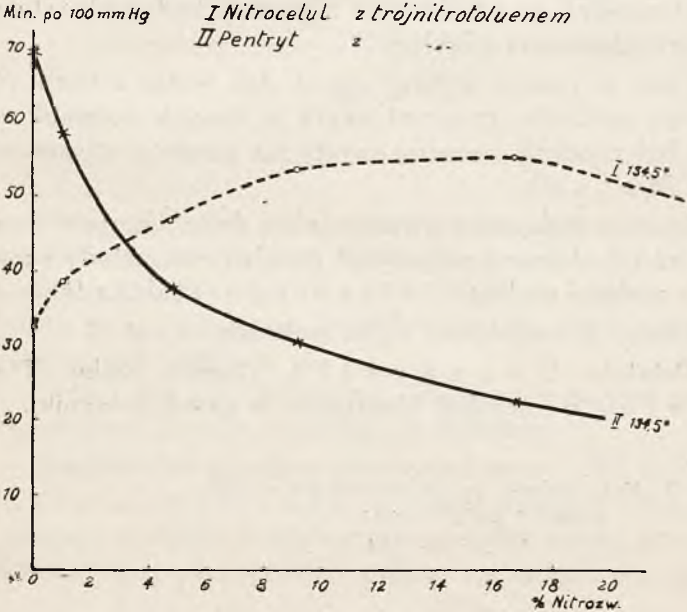
---

*) *Metz* podaje P_H po ogrzewaniu w 120°
przez: 2 godz. — 4,14
4 „ — 3,34
6 „ — 2,10.



Nitroceluloza z trójnitrotoluenem (po 5 godz ogrz.) -I
Pentryt -„- -„- („ 6 „ „) -II
Nitrogliceryna -„- -„- („ 5 „ „) -III
p_H
I 120°
II 120°
III 110°
% Nitrozw.

Rys. 2.



Min. po 100 mm Hg
I Nitrocelul. z trójnitrotoluenem
II Pentryt z -„-
I 134,5°
II 134,5°
% Nitrozw.

Rys. 3.

Tablica I.

P_H po ogrzaniu w 120° przez	2 godz.	4 godz.	6 godz.
Pentryt czysty	7,15	6,33	5,86
" z 1% trójnitrotoluenu	6,90	5,07	3,74
" z 4,75% "	6,06	3,35	3,10
" z 9,10% "	5,70	3,23	3,03
" z 16,65% "	5,34	3,04	2,82
P_H po ogrzaniu w 120° przez	**2 godz.**	**4 godz.**	**5 godz.**
Nitroceluloza czysta (13,24% *N*)	3,70	2,80	2,28
" z 1% trójnitrotoluenu	4,26	3,20	2,96
" 4,75% "	5,31	3,37	3,15
" 9,10% "	5,61	3,54	3,34
" 16,65% "	5,59	3,74	3,52
P_H po ogrzaniu w 110° przez	**2 godz.**	**3 godz.**	
Nitrogliceryna czysta	2,77	2,57	
" z 1% trójnitrotoluenu	2,76	2,57	
" z 5% "	2,79	2,56	
" z 10% "	2,76	2,56	
" z 20% "	2,77	2,57	

Tak więc, badając prężność gazów wydzielających się przy ogrzewaniu pentrytu w 120° autor ten znalazł, że prężność 300 mm słupa rtęci otrzymuje się po upływie 20½ godz. Ten sam pentryt z domieszką 30 lub 50% trotylu

daje prężność 300 mm już po upływie 5 godz. 5 min. lub 5 godz. 10 min.

Tablica II.

Czas potrzebny do osiągnięcia 100 m/m ciśnienia *Hg*		Czas potrzebny do osiągnięcia 100 m/m ciśnienia *Hg*	
Pentryt czysty	68½ min.	Nitroceluloza czysta	32½ min.
Pentryt z 1% trójnitrotoluenu	58 "	Nitroceluloza z 1% trójnitrotoluenu	38½ "
Pentryt z 4,75% trójnitrotoluenu	37½ "	Nitroceluloza z 4,75% trójnitrotoluenu	46½ "
Pentryt z 9,10% trójnitrotoluenu	30½ "	Nitroceluloza z 9,10% trójnitrotoluenu	53½ "
Pentryt z 16,65% trójnitrotoluenu	22½ "	Nitroceluloza z 16,65% trójnitrotoluenu	55 "

Inna próbka pentrytu wytrzymywała ogrzewanie przez 16 godzin, a te same mieszaniny — 4 godz. 10 min. i 4 godz. 30 min.

W 125° jedna z próbek pentrytu dawała prężność 300 mm *Hg* po upływie 7 godz. 10 min.; ta sama próbka z 10% trotylu — po 3 godz. 35 min., z 20% trotylu — po 2 godz. 55 min., z 30% trotylu — po 2 godz. 15 min.

Wreszcie w 130° T o n e g u t t i znalazł nast. liczby: dla czystego pentrytu — 7 godz., w mieszaninie z 30% trotylu — 1 godz., z 50% trotylu — 55 min. Zarazem autor stwierdza, że pod względem stałości pentryt ustępuje znacznie heksogenowi, który stałością swą zbliża się do trotylu.

W dalszym ciągu swych doświadczeń autorzy pracy niniejszej zbadali wpływ całego szeregu innych niż nitrozwiązki substancyj na pentryt. Wybierano przy tym takie

substancje, których obecność łatwo może występować w badanej substancji, a więc: rozpuszczalników, stabilizatorów oraz żelatynizatorów nitrocelulozy.

W szczególności ważne pod względem praktycznym jest zbadanie wpływu rozpuszczalników, gdyż po przekrystalizowaniu pentrytu rozpuszczalnik może w niewielkiej ilości pozostać w kryształach substancji.

Badania te wykonano przez pomiar P_H produktów rozkładu wytworzonych przez ogrzanie w 132°. Badano przy tym porównawczo nitrocelulozę z dodatkiem tych samych substancyj.

Oczywiście nie można porównywać działania poszczególnych substancyj, gdyż składają się na to nie tylko własności chemiczne dodatku, ale również rozmaita lotność. Jak wykazuje tablica III, z dwóch substancyj zbliżonych do siebie pod względem funkcyj chemicznych te z nich wywierają silniejszy wpływ (stabilizacyjny lub destabilizacyjny) na badany ester kwasu azotowego, które są mniej lotne (porównanie alkoholu etylowego i alkoholu izoamylowego, octanu etylu i octanu izoamylu, acetonu i acetofenonu).

Bardzo charakterystyczne jest zachowanie się pentrytu wobec takiego stabilizatora bawełny strzelniczej, jakim jest alkohol izoamylowy. Mianowicie potwierdza się spostrzeżenie, że substancje stabilizujące nitrocelulozę mogą wywierać na pentryt wprost przeciwny wpływ — destabilizujący.

To samo można powiedzieć o innych rozpuszczalnikach: alkoholu etylowym, eterze, estrach kwasu octowego, ketonach.

Również dwufenyloamina, a w znacznie mniejszym stopniu centralit etylowy, obniża stałość pentrytu działając silnie stabilizująco na nitrocelulozę. I tutaj potwierdza

się omawiana reguła: im silniej dana substancja stabilizuje nitrocelulozę, tym silniej destabilizuje pentryt; dwufenyloamina silniej niż centralit stabilizuje nitrocelulozę oraz silniej destabilizuje pentryt.

Tablica III.

Domieszka		Do pentrytu			Do nitro-celulozy	
Substancja	% wagowo	godz.			godz.	
		4	5	6	1	2
—	—	3,74*)	—	3,05*)	3,81	2,68
Alkohol etylowy	3	3,42	—	2,94	6,45	3,96
„ izoamylowy	3	2,28	—	2,06	6,07	4,73
Eter etylowy	5	3,31	—	3,02	4,37	3,07
Octan etylu	3	3,55	—	3,03	5,70	3,35
Octan izoamylu	3	2,56	—	2,22	6,46	3,97
Aceton	3	3,02	—	2,67	5,72	3,21
Acetofenon	3	2,58	—	2,21	6,05	3,49
Woda	5	2,20	—	—	—	—
—	—	4,78*)	3,85	—	4,42	2,64
Dwufenyloamina	0.1	3,54	2,99	—	6,49	3,54
„	0.5	2,62	2,54	—	7,12	6,15
„	1.0	2,60	2,45	—	7,30	6,30
Centralit etylowy	0,1	5,26	3,79	—	6,20	3,16
„	0,5	4,22	3,47	—	7,72	5,00
„	1.0	3,61	3,16	—	6,76	5,84

*) Metz podaje po 4 godz. ogrzewania w 132°, $P_H = 2{,}22$; po 6 godz. — 2,10.

Tych kilka spostrzeżeń, charakteryzujących wpływ domieszki różnych substancyj na stałość czteroazotanu pentaerytrytu, wskazuje na znaczną różnicę, jaka istnieje pod względem własności chemicznych między nitrocelulozą a nitropentaerytrytem; różnicę niewątpliwie spowodowaną zasadniczo różną budową obu estrów kwasu azotowego: a więc budową wysokocząsteczkową pierścieniowo-łańcuchową azotanu celulozy i budową rozgałęzioną, wybitnie symetryczną, ze środkowym atomem węgla czteroazotanu pentaerytrytu. Zarazem z badania wypływa wniosek praktyczny: obecność domieszek tego rodzaju, co wyszczególnione w tablicy III, nie wywiera dodatniego wpływu na stałość pentrytu mierzoną opisanym w pracy sposobem. Oczywiście trudno sądzić, jak wpływają te domieszki na zdolność pentrytu do rozkładu w temperaturze pokojowej, gdyż reakcje przebiegające w 132° różnią się zasadniczo od reakcyj przebiegających w temperaturach niskich. Na podstawie uzyskanych w pracy niniejszej wyników można jednak powiedzieć, że zbadane substancje organiczne działają przyśpieszająco na reakcje prowadzące do rozkładu czteroazotanu pentaerytrytu i obecność ich może być uznana raczej za szkodliwą dla tego estru.

Wobec tego, dążenie do osiągnięcia możliwie wysokiego stopnia czystości pentrytu jest podstawowym warunkiem dobrej stałości tej substancji.

Przyczyn rozbieżności istniejących między podawanymi przez różnych autorów danymi, dotyczącymi stałości pentrytu, szukać należy niewątpliwie w rozmaitym stopniu czystości pentrytu.

Odchylenia w stopniu czystości mogą być bardzo nieznaczne — a jednak są wystarczające do tego, by odbiły się wyraźnie na wynikach próby stałości.

LITERATURA.

1) A. Stettbacher. Z. angew. Chem, *41*, 716 (1928).
— — Z. ges. Schiess-Sprengstoffw. *23*, 345 (1928).
2) L. Metz. Z. ges. Schiess-Sprengstoffw. *24*, 337 (1929).
3) A. Stettbacher. Nitrocelulose. 5, 84 (1934). oraz A. Stettbacher Pentrinit und Hexonit, 7 (1934).
4) A. Majrich. Mém. de l'Artillerie Française. *14*, 127 (1935).
5) T. Urbański i B. Kwiatkowski. Przemysł Chemiczny *17*, 170 (1933).
T. Urbański, B. Kwiatkowski, W. Miładowski. Przemysł Chem. *19*, 225 (1935).
6) M. Tonegutti. La Chimica e l'Industria. *17*, 517 (1935).

662.2:623.454.212

Kpt. w st. sp. ŁYSIŃSKI STANISŁAW.

ROZBRAJANIE AMUNICJI ŁADOWANEJ PIORUNIANEM RTĘCI.

Ze względu na to, że w praktyce bardzo rozpowszechniona jest amunicja zawierająca ten materiał, a wielkie nieraz zapasy niezdatnych części amunicji mogą wymagać zużycia innego, niż było zamierzone przy ich wyrobie, omówię w niniejszym artykule przeróbkę części amunicji zawierających $Hg(ONC)_2$ Przeróbka ta może mieć na celu: 1) unieszkodliwianie spłonek detonujących, zapalających (kapiszonów), lontów i t. p.; 2) osiągnięcie z nich piorunianu rtęci; 3) osiągnięcie rtęci i miedzi oraz soli miedziowych i in. części składowych.

Aby spłonki detonujące unieszkodliwić tymczasowo, wystarczy umieścić je w naczyniach o pojemności około 6 l. w czystej wodzie, tak aby poziom wody był wyższy o jakie 20 cm od poziomu materiału zatopionego. Po paru tygodniach na powierzchni wody powstaje przezroczysta tafla zabarwiona zielonawo zawierająca związki miedzi, między innymi piorunian miedzi (b. niebezpieczny!). Warstwę tę należy usunąć.

Unieszkodliwienie trwałe, czyniące materiał bezpiecznym i zupełnie niezdatnym do właściwego użytku, polega na

działaniu środków chemicznych rozpuszczających i jednocześnie rozkładających takich jak: pirydyna, amoniak, tiosiarczan sodowy.

Maximum czystego $Hg(ONC)_2$ można i kalkuluje się osiągnąć tylko w wypadku większych zapasów wycofanych z użycia spłonek detonujących zupełnie czystych, niepowleczonych grubą warstwą lakieru lub gdy lakier ten daje się dobrze zmyć bez zanieczyszczenia piorunianu. Wtedy można spłonki rozpuścić w kwasie azotowym czystym ($D = 1,4$), rozcieńczonym wodą do ok. 50%, pozostawiając na kilka godzin dla rozpuszczenia miedzianych otoczek. W roztworze azotanu miedzi i kwasu azotowego na dnie zlewki pozostaje piorunian rtęci, który po dodaniu wody wypada jeszcze z roztworu, ponieważ rozcieńczony kwas azotowy jest dla piorunianu rtęci słabym i nierozkładającym rozpuszczalnikiem. Kapiszony, zawierające kompozycję zapłonową, do takiej obróbki się nie nadają.

Z lontów detonujących można usunąć piorunian rtęci przez rozdrobnienie (pokrajanie), a następnie ługowanie parafiny benzyną, mycie materiału alkoholem i wodą i mechaniczne oddzielenie pod wodą materiału inicjującego.

Regeneracja rtęci i miedzi ze spłonek detonujących do zapalników wz. *A. C.* do granatów ręcznych jest tym typowym przykładem, który może posłużyć do podobnych operacyj nad innymi spłonkami detonującymi. Dlatego poniżej przytoczono cały szereg prób nad nimi dokonanych.

Kolejne operacje obejmują:

1) oczyszczanie spłonek z lakieru asfaltowego i in.;
2) wyługowanie piorunianu ze spłonek;
3) redukcję piorunianu i związków rtęciowych na rtęć.

Za pomocą prądu wody można usunąć ze spłonek pozostały z podpałów proch czarny oraz krążki jedwabne nakrywające otwory wewnątrz spłonki. Lakier asfaltowy

rozpuszcza się dość słabo w nafcie, lepiej w benzolu i w mieszaninie benzolu z alkoholem etylowym, najlepiej zaś w czterochlorku węgla (CCl_4 — p. wrz. + 77°) lub w trójchloroetylenie (C_2HCl_3 — p. wrz. + 88°). Te ostatnie rozpuszczalniki, mimo wysokiej ceny, są bardzo dogodne jako niepalne i dające się z łatwością regenerować przez dystylację celem dalszego użycia. Do oczyszczenia 100 spłonek det. z lakieru asfaltowego w ciągu 15 minut potrzeba ok. 160 g. C_2HCl_3 Po odparowaniu otrzymuje się ok. 20 g lakieru asfaltowego i ok. 140 g trójchloroetylenu. Lakier otrzymany tą drogą najczęściej nie wykazuje kwasowości, wobec czego nadaje się do lakierowania rur, zbiorników i t. p. przedmiotów metalowych.

W celu wyługowania zawartości oczyszczonej z lakieru spłonki (której ciężar ogólny wynosi ok. 4,8 g, a ciężar piorunianu rt. ok. 1,5 g), wykonano wiele prób ze względu na to, że materiał jest bardzo szczelnie zamknięty i silnie zaprasowany, a otwór w miedzianej nakrywce wewnętrznej ma zaledwie ok. 2 mm średnicy, co stanowi największą przeszkodę w pracy.

Dla wyługowania używano odczynniki wg. następujących grup:

1) kwasy: H_2S, HCl, H_2SO_4 i HNO_3 — w rozczynach wodnych,

2) zasady: KOH, $NaOH$, $Ca(OH)_2$ NH_4OH (rozczyny),

3) sole: KCl, $Na_2S_2O_3$, NH_4Cl, $FeSO_4$ (rozcz.),

4) pirydyna, (C_5H_5N), rozczyn wodny pirydyny i woda wrząca.

Grupa 1). 20 spłonek zawierających po 1,5 g $Hg(ONC)_2$. oczyszczonych z lakieru, umieszczono w wodzie o temp ok. 80°, a po wystygnięciu pozostawiono na 3 dni, po czym całość poddano działaniu H_2S, który strącił znikomą ilość $Cu^{\cdot\cdot}$, natomiast zupełnie nie ujawnił w roztworze $Hg^{\cdot\cdot}$.

W próbie na HCl zanurzono 1 spłonkę na 24 godziny w 10 cm^3 (1 obj. stęż. HCl + 2 obj. H_2O). Otrzymano: 1) wolną rtęć w postaci małej kropli oraz lusterka na otoczce spłonki; 2) piorunian miedzi; 3) roztwór soli zawierających $Hg^{\cdot\cdot}$ (obecność $Hg^{\cdot\cdot}$ w roztworze potwierdza strącanie kwasem fosforawym w obecności HNO_3 i HCl); wreszcie 4) roztwór $CuCl_2$. Całość tego procesu chemicznego, po osiągnięciu równowagi, przedstawia się następująco:

$$4\,Hg(ONC)_2 + 3\,Cu + 8\,HCl + H_2O \rightarrow 2\,Hg + HgCl_2 +$$

$$+ Hg\begin{cases} ON = C \begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix} \\ ON = C \begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix} \end{cases} +$$

$$+ 2\,C = N - O - H + 2\,ClHC = N - O - H + CuCl_2 +$$

$$\underline{+ 2\,Cu\,ONC.}$$

Reakcja ta prawdopodobnie przebiega częściowo elektrolitycznie, nie może jednak przebiegać do końca według powyższego schematu dlatego, że kwas niema dostatecznego dostępu do szczelnie zamkniętego piorunianu, a także utworzony na powierzchni otoczki amalgamat izoluje resztę miedzi od dalszego działania. Między produktami reakcji uderza brak $Hg^{\cdot}$, podobnie jak przy działaniu HCl na $AgONC$.

Proces ten b. ciekawy ze względów teoretycznych, zupełnie się nie nadaje do wyciągania rtęci, ponieważ prócz pewnej ilości wolnej rtęci znaczna jej część znajduje się w związku $Hg^{\cdot\cdot}$. Dalsza obróbka amoniakiem daje w tym wypadku wyniki niepożądane. Pozostałości $Hg(ONC)_2$ i $CuONC$ nie pozwalają na wyżarzenie.

Próby na H_2SO_4 wykazują bezskuteczność działania rozcieńczonego czystego kwasu siarkowego. Przy działaniu na jedną spłonkę w ciągu godziny 7 cm^3 roztworu (1 obj. HNO_3 (1,4) + 1 obj. H_2SO_4 (1,84) + 1 obj. H_2O) otrzymano

znaczną ilość $Hg(ONC)_2$ wykruszonego z nadtrawionej spłonki oraz lustro rtęciowe na otoczce. Przy koncentracji roztworu kwasów: 7 cm³ H_2O + 5 cm HNO_3 + 10 cm³ H_3SO_4 otrzymano złe wyniki, gdyż stosunek HNO_3 był niewystarczający.

W próbach z ($HCl + HNO_3$), chociaż otoczki rozpuszczają się zupełnie, to jednak tworzą się liczne sole $Hg^{\cdot\cdot}$ i $Cu^{\cdot\cdot}$, co psuje wyniki.

Próby czystym HNO_3: pewną ilość spłonek oczyszczono za pomocą CCl_4, następnie przepłukano w acetonie i wysuszono. Jedną z tych spłonek zanurzono na 30 min. w 10 cm³ HNO_3 ($D = 1{,}4$), po czym do zawartości zlewki dodano ok. 20 cm³ wody dystylowanej. Ze spłonki pozostało nierozpuszczone dno otoczki oraz piorunian rtęci częściowo rozsypany, częściowo w pastylkach na dnie zlewki. Niemal cała miedź otoczki przeszła w $Cu(NO_3)_2$ Ponieważ na pozostałych częściach otoczki lustro rtęciowe było niedostrzegalne, można wnioskować, że ilość powstającego w tych warunkach piorunianu miedzi ($CuONC$) jest znikoma lub żadna. Również, powtarzając rozpuszczanie 10 spłonek jednocześnie w 85 cm³ NHO_3 ($D = 1{,}4$) w ciągu 2 godzin, a następnie dodając 200 cm³ H_2O dyst., w roztworze zupełnie nie wykryto soli $Hg^{\cdot}$ i $Hg^{\cdot\cdot}$, natomiast na dnie zlewki pozostał piorunian rtęci.

Kwas azotowy rozcieńczony, działając dłużej, powiększał znacznie otwór w nakrywce spłonki i nieco rozsypywał pastylki piorunianu, a przez to ułatwiał dalsze działanie innym odczynnikom rozpuszczającym i redukującym. Np. roztwór (30 cm³ HNO_3 (1,4) + 5 cm³ H_2O) w ciągu 1 godziny przygotował dobrze 4 spłonki oczyszczone z lakieru do wyługowania za pomocą 25% NH_4OH.

Próby bezpośredniego wyługowania piorunianu rtęci ze spłonek za pomocą następnych trzech grup odczynni-

ków t. j.: alkalij, wapna, soli mineralnych, tiosiarczanu, pirydyny i wrzącej wody — nie dają żadnego wyniku. Nawet po kilku dniach trzymania w roztworze $Ca(OH)_2$, w przesączu nie wykryto śladów $Hg^{..}$. Minimalne też jest działanie bezpośrednie na spłonki roztworów takich soli jak: $FeSO_4$, KCl, NH_4Cl, a nawet pirydyny i tiosiarczanu sodowego. Oczywiście, jak zawsze przeszkadza tu szczelność zamknięcia spłonki i siła zaprasowania pastylek i wobec tego odczynniki te nie przenikają wgłąb materiału.

Rozpuszczanie piorunianu rtęci przy pomocy ługów, szczególniej NH_4OH, udaje się dopiero po uprzednim wytrawieniu spłonek rozcieńczonym HNO_3 w ciągu kilku dni lub tygodni (zależnie od stopnia rozcieńczenia kwasu).

Po silnym wytrawieniu otoczki, a jeszcze lepiej po rozpuszczeniu jej w HNO_3, tiosiarczan sodowy zupełnie rozpuszcza jej zawartość w myśl równań reakcyj:

1) $Hg(ONC)_2 + 2Na_2S_2O_3 = [Hg(S_2O_3)_2]Na_2 + 2NaONC$,

2) $2NaONC + 2H_2O \rightleftarrows 2NaOH + 2HONC$;

jednak w obecności miedzi tworzy się równocześnie $CuONC$ i dalsza obróbka chemiczna, celem otrzymania czystej rtęci, staje się zbyt złożona i kosztowna.

Następne próby dotyczyły już tylko spłonek oczyszczonych z lakieru i silnie wytrawionych rozc. HNO_3 i miały na celu wyługowanie, a potem zredukowanie piorunianu rtęci na rtęć. Przebieg ich był następujący:

1) wrzący skoncentrowany roztwór KOH w ciągu 40 min. — wynik jeden z lepszych;

2) wrzący skoncentrowany roztwór NH_4Cl w ciągu ok. 40 min. daje amalgamat i $CuONC$; dwie spłonki w ten sposób traktowane, pomimo umieszczenia naczynia z roztworem w zlewce z wrzącą wodą, wybuchły, co mogło się stać

wskutek obecności $CuONC$ — ponieważ piorunian miedzi ogrzewany dłużej w temp. 100° wybucha;

3) pirydyna (C_5H_5N) rozpuszcza b. dobrze piorunian rtęci, lecz 1 kg pirydyny kosztuje ok. 50 zł;

4) najlepszym rozpuszczalnikiem okazał się 25% amoniak, w którym piorunian rozpuszcza się początkowo bezbarwnie, potem dzięki obecności miedzi ciemnieje, wreszcie za dodaniem nieznacznej ilości miedzi molekularnej (w proszku) powstaje ciemnopopielaty szlam: jest to mieszanina rtęci i piorunianu miedzi obok wodnego roztworu odpowiedniego amidozwiązku miedzi.

Reakcje, zachodzące w powyższym b. ciekawym doświadczeniu, można przedstawić tak:

1) $$2Hg(ONC)_2 + 4NH_4OH = H_2NHg - O - HgONC + 3NH_4ONC + 3H_2O;$$

2) $$CNOHg - O - HgNH_2 + 2Cu = CNOCu - O - CuNH_2 + 2Hg.$$

Po odsączeniu w wirówce i oczyszczeniu b. rozcieńczonym HCl, a następnie przemyciu wodą i ponownym odsączeniu, rtęć w postaci szlamu, ogrzana w kociołku, zamienia się na rtęć metaliczną. Ta czynność wymaga wielkiej ostrożności, gdyż wskutek wybuchowości powstających amidozwiązków — zdarzają się wypadki. Przed wyżarzaniem dobrze jest przemyć rozczynem HCl.

Rozpatrując wyniki przytoczonych prób można ustalić następujący porządek operacyj, zmierzających do przeróbki większych zapasów spłonek, nienadających się do użytku właściwego:

1) oczyszczanie spłonek z lakierów zapomocą C_2HCl_3,

2) wytrawianie rozcieńczonym HNO_3,

3) ługowanie zapomocą NH_4OH,

4) wymiana rtęci miedzią,

5) odsączanie i oczyszczanie z wybuchowych związków $Cu^{\cdot\cdot}$ za pomocą rozcieńcz. HCl,

6) odparowywanie i otrzymywanie czystej rtęci.

Przeróbka taka wymaga jednak znacznego nakładu kosztów z powodu wielu aparatów i naczyń odpornych na działanie kwasów, znacznej ilości HNO_3 i NH_4OH, dużej przestrzeni, wielu rąk roboczych, a prócz tego nie zawsze może dawać gwarancje zupełnego bezpieczeństwa podczas pracy.

Znacznie prostszą i pod wieloma względami dogodniejszą jest metoda oparta na samej reakcji wybuchu $Hg(ONC)_2 \rightarrow Hg + 2\,CO + N_2 + 115{,}7$ Kal., polegająca mianowicie na wysadzaniu spłonek, celem osiągnięcia z nich rtęci i miedzi, w specjalnych aparatach działających samoczynnie.

Po wymyciu lakierów jak poprzednio, wysadzanie spłonek odbywać się może samoczynnie po jednej, w odstępach czasu równych ok. $^3/_4$ sek., w aparacie złożonym z podajnika, kotła z ogrzewanym moździerzem, rur odprowadzających gazy i t. p. Kierować pracą maszyny można z odległości ok. 50 m przez automatyczne podawanie, tak aby pracujący nie byli narażeni na wdychanie powstającego przy wybuchach tlenku węgla.

Spłonki, przynoszone przez podajnik, wpadają przez rurę i kocioł ochronny do rozgrzanego moździerza utworzonego np. ze starego pocisku i tam wybuchają; rtęć opada i przechodzi do zbiornika, skąd przez kran może być odebrana. Odłamki miedzi pozostają w kotle. Gazy CO i N_2 odchodzą rurą na zewnątrz budynku przetwórni.

SPRAWOZDANIA I RECENZJE.

Zestawienie praktyczne własności materiałów inicjujących.

Celem pracy niniejszej jest dostarczenie w postaci możliwie przejrzystej wyobrażenia szeregu własności, mających znaczenie praktyczne, tych materiałów inicjujących, których zastosowanie bądź weszło w użycie, bądź przedstawia widoki rozpowszechnienia, a następnie — zestawienie tych własności, porównanie i wyprowadzenie stąd wniosków dotyczących ich zastosowania.

Dane co do własności materiałów inicjujących dotyczą zarówno ich składu, wyrobu, sposobów nabijania, rozładowania i przeróbki jak i techniki samego wybuchu. Przedmiot ten jest na tyle obszerny, że poza bezpośrednim doświadczeniem wymaga przede wszystkim omówienia niezbędnych danych zaczerpniętych z prac wielu autorów, które to źródła będą przytaczane w dalszym ciągu artykułu.

Główne zainteresowanie budzą zawsze następujące zalety lub wady materiałów inicjujących:

1) Szybkość fali detonacji materiału inicjującego jako czynnik decydujący o możności pobudzania tych materiałów wybuchowych, których szybkość fali detonacji mniej więcej odpowiada tej pierwszej;

2) temperatura wybuchu — ile możności wysoka;

3) temperatura zapłonienia nie przekraczająca 350^0, a z reguły znajdująca się w granicach 150^0—187^0;

4) wrażliwość na uderzenie znaczna, lecz mało zmienna (mierzona za pomocą kafarka pirotechnicznego);

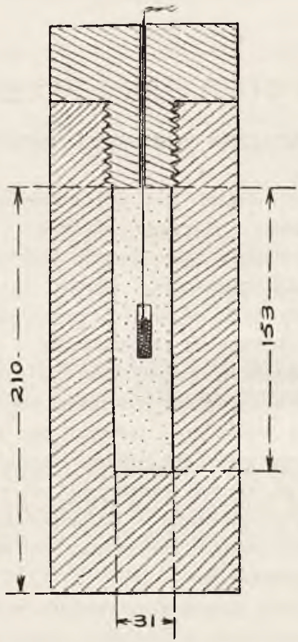
5) wada nadczułości na uderzenie i tarcie (np. wybuchy przy upadku 2 kg kafarka z wysokości $h < 2$ cm);

6) siła miażdżąca, dla której oznaczenia istnieje wiele spo-

sobów (sposób Trauzla, sposób U.S.A. — miażdżenie piasku rys. 1 i t. p.).

7) stałość chemiczna, której brak może się stać przyczyną niewypałów i spóźnionych wypałów (przyczyna wypadków);

8) możliwości wyrobu i przeróbki (w szczególności piorunianu rtęci). (p. str. 84).



Rys 1.

A. Materiały inicjujące z grupy kwasu piorunowego ($C{=}N{-}O{-}H$).

Szczegóły dotyczące chemii kwasu piorunowego znajdzie czytelnik w pracach Wöhler'a, Wieland'a, Scholl:a i in. Tutaj ograniczymy się tylko do przypomnienia, że jest on związkiem zawierającym charakterystyczną grupę $= N - O - H$. Gdy na miejsce wodoru (H)

wejdzie metal, otrzymamy tak zw. pioruniany, n.p. piorunian srebra: *AgONC*. Metale dwuwartościowe zastępują wodór w dwu grupach, jak n.p. u piorunianu rtęci: $C{=}N{-}O{-}Hg{-}O{-}N{=}C$ czyli $Hg(ONC)_2$.

W technice najdonioślejsze znaczenie mają pioruniany: rtęci i miedzi, w mniejszym stopniu — srebra i ołowiu.

1. *Piorunian rtęci* — $Hg(ONC)_2$ — pod względem chemicznym ma tę ciekawą własność, że, tworząc z kwasem chlorowodorowym (HCl) kilka związków, jest także w możności przyłączyć całkowity chlorowodór według reakcji:

$$\left.\begin{array}{l} CNO \\ CNO \end{array}\right> Hg + 2\,HCl = Hg \left< \begin{array}{l} O - N - C \left< \begin{array}{l} H \\ Cl \end{array}\right. \\ O - N - C \left< \begin{array}{l} H \\ Cl \end{array}\right. \end{array}\right.$$

Z wielu doświadczeń wynika, że przy działaniu na piorunian rtęci HCl nie powstają związki zawierające $Hg^{\bullet}$.

Dwuwartościowość węgla oraz obecność w związku tlenu powodują wielką egzotermiczność reakcji wybuchu.

Wynika to stąd, że ciepło tworzenie $2\,CO = Q_1 = 2.26,1 = 52,2$ Kal., ciepło zaś tworzenia $Hg\,(ONC)_2 = Q_2 = -\,63,5$ Kal., wobec czego ciepło wybuchu $Q = Q_1 - Q_2 = 115,7$ Kal., czyli $Q_{1\,\mathrm{kg}} = 409$ Kal.

Wobec tego w idealnej postaci reakcja wybuchu przedstawi się następująco:

$$\left.\begin{array}{l} C = N - O \\ C = N - O \end{array}\right> Hg \longrightarrow 2\,CO + N_2 + Hg + 115,7 \text{ Kal.}$$

Według innych wyliczeń otrzymano:

$$\begin{array}{rl} Q_1 = & 52,8 \text{ Kal.} \\ -\,Q_2 = & 63,6 \quad \text{,,} \\ \text{Ciepło mol. } N_2 = & \underline{\;\;5,8\;\;} \quad \text{,,} \\ Q = & 122,2 \text{ Kal. czyli } Q_{1\,\mathrm{kg}} = 429 \text{ Kal.} \end{array}$$

Zestawiając własności fizykalno-wybuchowe 99,3% piorunianu rtęci, mającego postać skośnościennych kryształków koloru jasno piaskowego o średnicy $< 0,1$ mm i gęstości $D = 4,43$, znajdujemy,

że, mimo najstaranniejszych pomiarów, różni autorzy dochodzili do wartości wahających się w pewnych granicach. Tak więc, temperatura zapłonu (t_2) waha się od 152° do 187° (wg Hessa — zależnie od szybkości ogrzewania). Temperatura gazów otrzymanych podczas wybuchu (t_w) = 3453° (wg. Vennin i Chesnaux), 3594° (wg. Escales'a) 2054° — 3000° (wg. E. Burlot). Szybkość fali detonacji V_d = 3920 m/sek. w materiale luźnym, a 4000—5300 m/sek. w materiale sprasowanym i zamkniętym szczelnie w otoczce.

Poza tym, według badań inżynierów Barcikowskiego i Kiełczewskiego, szybkość wybuchu wierzchniej warstwy piorunianu w spłonce jest znacznie mniejsza niż warstw głębszych, gdyż wynosi zaledwie 8—22 m/sek. Także długość odcinka ścieżki, na którym piorunian spala się lub wybucha, ale jeszcze nie detonuje, jest również zależna od przekroju tej ścieżki; są przekroje, przy których wybuch wogóle nie przechodzi w detonację.

Wrażliwość uderzeniowa waha się też od 2 do 4, a nawet wyjątkowo do 8 cm upadku kafarka pirotechnicznego. Nie zmienia się ona jednak naskutek działania niskich temperatur nawet przy temperaturze skroplonego powietrza (pozwala to n. p. na stosowanie zapału elektrycznego Drehera przy wysadzaniu skał, murów i t. p. za pomocą ładunków z trocin drzewnych przepojonych skroplonym tlenem).

Ważną właściwością jest t. zw. „martwy stan zaprasowania", który zjawia się przy zaprasowywaniu piorunianu pod ciśnieniem 400 atmosfer i stale zachodzi przy 700 atmosferach. Polega on na znieczuleniu materiału na zwykłe uderzenie, przez co pojawiają się niewypały amunicji.

Przy wyrobie spłonek znany jest fakt, że piorunian poddany stopniowo wzrastającemu ciśnieniu niewybucha nawet przy ciśnieniu 2000 atm., byleby była zachowana jednostajność przyrostu ciśnień. Początek wybuchu zaczyna się dopiero od zachwiania układu sił międzyatomowych, które przy powolnych zmianach ciśnień dostosowują się zwolna nawet do tak wielkich ciśnień. Istnieje analogiczne zjawisko czasowego znieczulenia a następnie nadwrażliwości przy przegrzaniu piorunianu (prace Patry i Laffitte).

To ostatnie spostrzeżenie zdaje się mieć związek z następującymi faktami. Mianowicie, zdarza się, że podczas pożaru i wybuchu magazynów amunicji (w wojnie światowej jeden z fortów pod Brześciem) niektóre pociski, wyrzucone siłą wybuchów sąsiednich mas

wybuchowych i uprzednio nagrzane, padają w promieniu dość znacznym (kilkuset metrów) nie wybuchając. Są one niezwykle niebezpieczne przy manipulacjach i to nietylko wskutek odbezpieczenia zapalnika, ale także prawdopodobnie wskutek doprowadzenia piorunianu do stanu nadwrażliwości na czynniki mechaniczne, przez owo uprzednie ogrzanie, które nie spowodowało wybuchu dlatego tylko, że odbywało się stopniowo. Harmonijny przyrost i spadek temperatury wywołał tu pewne zmiany.

Przy wyrobie technicznym drogą rozpuszczania rtęci w kwasie azotowym i traktowania rozczynu alkoholem etylowym, o ile nie zachowuje się ściśle przepisów istniejących w każdej wytwórni, otrzymuje się produkt zanieczyszczony, zwłaszcza szczawianem rtęci. W każdym razie — produkt normalny jest koloru białego lub szaropiaskowego i zawiera 97—99,3% $Hg(ONC)_2$. Która z tych odmian jest lepsza (biała czy piaskowa), zdania są podzielone; jedna i druga niekiedy pod drobnowidzem wykazuje obecność kropelek rtęci *).

Pastylki do nabijania spłonek wyrabiane są przez tłocznię przy ciśnieniu ok. 300 atm.; tłok tej maszyny wykonywa przy tym ruch harmonijny o przyroście i zmniejszaniu ciśnień stopniowo zmieniających się. Ostatni warunek jest niezbędny dla ograniczenia ilości wybuchów podczas pracy.

2. *Piorunian miedzi* $CuONC$.

Wyrób laboratoryjny. — $CuONC$ można otrzymać — bądź przez długotrwałe mieszanie pod wodą amalgamatu miedzi oraz piorunianu rtęci według reakcji wymiany:

$$2\,Cu + Hg + Hg(ONC)_2 = 2\,CuONC + 2\,Hg,$$

bądź przez oksym chlorku formylu drogą następujących przemian:

$$1)\quad \begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix}\!\!>C = NOH + 2\,NaOH = NaONC + NaCl + 2\,H_2O.$$

2) $NaONC + CuCl = CuONC + NaCl$, wreszcie wprost przez oziębianie wodorotlenku miedzi z oksymem chlorku formylu:

---

*) Sprawa została już dokładnie wyjaśniona przez Wöhlera. *(przyp. Red.)*

$$\begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix}\!\!>CNOH + CuOH = CuONC + HCl + H_2O.$$

Powstawanie $CuONC$ jest też prawdopodobne w pewnych dotychczas nieznanych warunkach na drodze analogicznej do otrzymywania technicznego $Hg(ONC)_2$ przez azotan miedzi, kwas azotowy, alkohol etylowy przy zastosowaniu odpowiednich temperatur i katalizatorów.

Własności fizykalne i wybuchowe. — Jest to b. drobny proszek (pył) bezpostaciowy koloru ciemnopopielatego. Jego temperatura zapłonienia tz waha między 100^0 a 150^0. Często spala się bez trzasku obfitym płomieniem koloru białego, na brzegach zielonego, pozostawiając na papierze czerwony nalot miedzi. Wrażliwość uderzeniowa mierzona upadkiem kafarka wynosi około 12 cm, a więc znacznie słabsza niż u piorunianiu rtęci. Toteż, ponieważ piorunian ten tworzy się przy długotrwałym zetknięciu piorunianu rtęci ze źle izolowaną miseczką kapiszona, może się on stać przyczyną niewypałów naboi kb. i t. p. Ciepło wybuchu jest dość znaczne, a w każdym razie większe niż dla $Hg(ONC)_2$:

$$2\,Cu\,ONC \longrightarrow 2\,Cu + 2\,CO + N_2 + 508 \text{ Kal.}$$

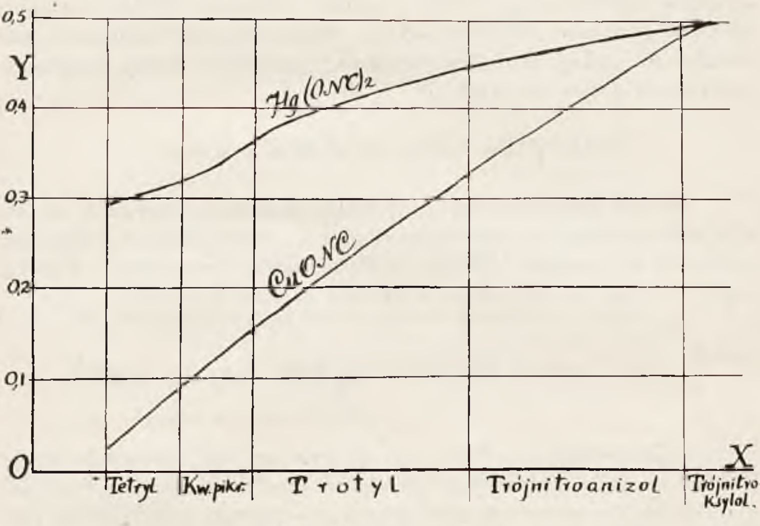
Do wywołania detonacji danego materiału wybuchowego potrzeba jako inicjatora mniejsze ilości $Cu\,ONC$, niż dla $Hg(ONC)_2$, ale większej niż dla piorunianu srebra. Niżej podano dla porównania własności inicjujących obu piorunianów wykres wg. spostrzeżeń Wöhler'a i Martin'a (Zeitschr. f. d. ges. Schiess und Sprengstoffwesen, München, 1917), na którym na osi OX, poczynając od pewnego punktu, uszeregowano materiały wybuchowe wg. zmniejszającej się ich pobudliwości, na osi zaś OY odcinki odpowiadają 0,1 g inicjatora, niezbędnego do wywołania detonacji danego materiału wybuchowego. Z wykresu tego widać, że ilość piorunianu miedzi niezbędna dla wywołania detonacji w poszczególnych materiałach wybuchowych jest stale mniejsza niż niezbędna do tegoż celu ilość $Hg(ONC)_2$.

Zastosowanie. Do chwili obecnej materiał ten na tyle nie znalazł zastosowania praktycznego, że nie istnieje jeszcze żaden patent dotyczący wyrobu spłonek, kapiszonów lub lontów i łączników ogniowych zawierających $Cu\,ONC$.

Jednak, jako mniej wrażliwy na tarcie i uderzenie od $Hg(ONC)_2$, a zatem bezpieczniejszy przy manipulacjach, przy tym jako nad-

zwyczaj drobny proszek (co stanowi zaletę techniczną), — mógłby ten materiał z domieszką $KClO_3$, *SbS*, szkła tłuczonego i t. p. wejść w skład mieszaniny zapłonowej przeznaczonej dla kapiszonów amunicji kb. i myśliwskiej. Następnie w postaci czystej nadawałby się do ładowania spłonek, zapłonów elektryczno-żarowych i t. p., tym bardziej że spłonek takich o miedzianej otoczce nie potrzebaby wtedy lakierować, gdyż piorunian miedzi nie reaguje na otoczkę miedzianą.

Kompozycja do napełniania lontów mogłaby zawierać obok *Cu ONC* — chloran, mononitronaftalinę, terpentynę i t. p. związki w niewielkich ilościach.



Rys. 2.

Poza innymi zaletami za zastosowaniem *CuONC* przemawiałaby jego przypuszczalna taniość w porównaniu z $Hg(ONC)_2$.

3. *Piorunian srebra Ag ONC.*

Kwas chlorowodorowy nie strąca srebra z piorunianu, lecz całkowicie się doń przyłącza tworząc związek, który pozostaje w roztworze, wg. reakcji:

$$AgONC + HCl = AgON = C\begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix}.$$

Jest to jedyny wypadek, gdzie kwas chlorowodorowy nie strąca srebra z jego soli [podobnie jak w wypadku $Hg(ONC)_2$] w przeciwieństwie do reakcji:

$CNOAg + HCN = AgCN + CNOH$, w której powstaje obfity osad cjanku srebra.

Piorunian srebra, podobnie jak $Hg(ONC)_2$, obojętny jest na działanie rozcieńczonego HNO_3, jednak dymiący HNO_3 rozkłada $AgONC$ podobnie jak i $Hg(ONC)_2$. Silne własności wybuchowe ma również sól podwójna, która powstaje z chlorkiem potasu roztworze wodnym na gorąco wg. reakcji:

$$2\,AgONC + KCl \longrightarrow AgK(ONC)_2 + AgCl.$$

Wyrób laboratoryjny. — Przede wszystkim otrzymuje się go w sposób podobny do piorunianu rtęci, t. j. przez działanie alkoholem etylowym na kwaśny (HNO_3) roztwór azotanu srebrnego. Według Nef'a otrzymać go też można z oksymu chlorku formylu:

$$\begin{matrix} H \\ Cl \end{matrix}\!>C = NOH + 2\,AgNO_3 = AgONC + AgCl + 2\,HNO_3.$$

Zastosowanie. — Ponieważ związek ten jest niezwykle wrażliwy na czynniki mechaniczne (tarcie), a więc b. niebezpieczny w manipulacjach, — zatem nie miał dotychczas żadnego praktycznego zastosowania, chociaż jego temperatura zapłonienia $t_z = 170^0$ jest dość korzystna. Wyjątkowo istnieje jeden patent angielski na kompozycję zapłonową o niewielkim % zawartości AgONC.

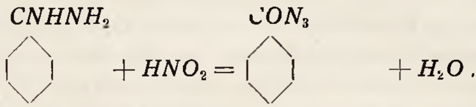
B. Grupa azydków metali.

Jako połączenia kwasu azotowodorowego (N_3H) z metalami ciężkimi, głównie zaś: *Pb, Tl, Cd* i *Hg*, związki te zwróciły powszechną uwagę swymi własnościami inicjującymi przeszło 30 lat temu. Wśród nich azydek ołowiu znalazł nietylko zastosowanie praktyczne

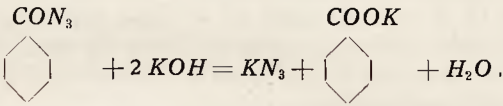
w wyrobie spłonek i kapiszonów, ale nawet produkcja jego w wielu państwach przybrała znaczniejsze rozmiary.

Ponieważ punktem wyjścia dla azydków jest kwas azotowodorowy, podaję szereg reakcyj tworzenia się tego kwasu; a więc

1) wychodząc od benzoylhydrazydu:



(benzoylazyd)



$$KN_3 + H_2O \rightleftarrows N_3H + KOH;$$

2) wychodząc od hydrazyny (hydrazynohydratu):

$$NH_2NH_2 + HNO_2 = N_3H + H_2O$$

3) wreszcie — podtlenek azotu z amoniakiem daje: :

$$N_2O + NH_3 = N_3H + H_2O .$$

1) *Azydek ołowiu* $Pb(N_3)_2$.

Wyrób techniczny i laboratoryjny oparty jest na dwu kolejnych reakcjach:

1) na przepuszczaniu podtlenku azotu przez roztwór amidku sodowego:

$$NaNH_2 + N_2O \longrightarrow NaN_3 + H_2O \text{, następnie}$$

2) na strącaniu z otrzymanego roztworu azydku sodowego, za pomocą octanu ołowiu, azydku ołowiu:

$$2\,NaN_3 + Pb(C_2H_3O_2)_2 = Pb(N_3)_2 + 2\,NaC_2H_3O_2 .$$

Masowy wyrób według niemieckiego patentu podczas wojny światowej uskuteczniany był w ten sposób, że roztwór zasadowy

azydku sodowego zobojętniano najpierw rozcieńczonym HNO_3, po czym wprowadzono azotan ołowiowy (zamiast octanu). Ten sposób zapewniał dobry przebieg strącania azydku ołowiu. Również przy stosowaniu octanu Pb i alkalicznego roztworu N_3Na dobrze jest najpierw neutralizować ten roztwór kwasem octowym.

Według danych v. Hertza, od początku fabrykacji $Pb(N_3)_2$ na wielką skalę (r. 1915, Rheinisch - Westf. Sprengstoff A. G.) do r. 1933 w Troisdorfie wyprodukowano azydku ołowiowego 750.000 kg bez wypadku, w tymże okresie w innych państwach wyprodukowano ok. 1,5 milj. kg. — również bez wypadków.

Zważywszy, że i wypadki podczas fabrykacji $Hg(ONC)_2$ były b. nieliczne (n. p. w ciągu kilku lat — jeden przy zalewaniu wodą w retorcie i jeden przy rozcieraniu na mokro na płótnie), to jednak można uważać sam wyrób azydku za bezpieczniejszy. Bardziej niebezpieczne są dopiero dalsze operacje.

Własności fizykalno-chemiczne. Azydek ołowiu po wypadnięciu z roztworu przedstawia się, jako biały bezpostaciowy proszek, niekiedy ze słabym odcieniem żółtym lub różowym.

Z własności fiz.-chemicznych tego związku b. ważna jest ustalona dawno przez L. Wöhlera i W. Krupko („Uber die Lichtempfindlichkeit der Azide" Zeitschr. f. d. ges. Schiess - und Sprengstoffwesen, München, 1913) mianowicie ta, że $Pb(N_3)_2$ stosunkowo szybko rozkłada się w świetle słonecznym przyjmując stopniowo zabarwienie szaro-żółte, a nawet szaro-brunatne, a to wskutek pojawienia się innych związków: m. in. zasadowego azydku ołowiu $PbO \cdot Pb(N_3)_2$.

Łącznie ze światłem słonecznym obecność wody rozkłada azydek ołowiu mn. w. tak:

$$2\,Pb(N_3)_2 + 4\,H_2O = Pb(OH)_2 + Pb + 2\,N_3H + 3\,N_2 + 2\,H_2O\,.$$

co w dalszym ciągu przechodzi w: $2\,Pb(OH)_2 + NH_4N_3 + 4\,N_2$, przy czym, jak widzimy, może powstać azydek amonowy — ciało również wybuchowe. Oczywiście zmiany te zachodzą w sposób niełatwo dający się określić ilościowo, albowiem zależne są od wielu warunków reakcji. Lecz nawet częściowy jej przebieg wraz ze zmianami chemicznymi wywołuje jako ich praktyczny skutek zmiany wrażliwości na uderzenie, a być może w stopniu jeszcze znaczniejszym — zmiany temperatury zapłonienia wybuchowego. Co do tych zmian, to H. v. Kast znalazł, że o ile azydek ołowiu chroniony od wpływów światła i wilgoci posiada wrażliwość uderzeniową wyrażoną w milimetrach wysokości

upadku kafarka 0,5 kg, $h = 210$ mm, a temperaturę zapłonienia $t_z = 345^0$, to $Pb(N_3)_2$ suchy, lecz naświetlany posiada $h = 205$ mm i $t_z = 345^0$, a $Pb(N_3)_2$ mokry i naświetlany posiada $h > 315$ mm i $t_z = 450^0$; azydek zaś zasadowy $PbO \cdot Pb(N_3)_2$ suchy i nienaświetlany ma $h = 280$ mm i $t_z = 390^0$. Ciepło reakcji wybuchu 1 kg normalnego azydku ołowiu wynosi ok. 364 Kal.

Z przytoczonych powyżej danych wynika, że przez naświetlanie promieniami słonecznymi w pewnych granicach, wzrasta wrażliwość uderzeniowa azydku ołowiu, gdy jego temperatura zapłonienia pozostaje bez zmian. Przy zamoczeniu i naświetleniu — tak jedna jak i druga wrażliwość słabnie. Przy przejściu w związek zasadowy — obie znacznie spadają.

Zmiany wewnętrznej struktury pod wpływem promieni pozafiołkowych i wprost światła słonecznego, zauważone przez M. Patry i P. Laffitte u piorunianu rtęci (Bul. de la S-te Chim.), jeszcze w większym stopniu ujawnia $Pb(N_3)_2$. Natomiast L. Vennin i E. Burlot (Les poudres et explosifs, Paris, 1932) wykazują wielką przewagę zalet azydku nad piorunianem rtęci pod względem odporności na długotrwałe działanie ciepła (3,5 roku w temperaturze 50^0).

W każdym razie kapitalną wadą azydku ołowiu jest jego nietrwałość chemiczna wobec wody i światła słonecznego. Wynika stąd, że okres wyrobu spłonek detonujących i t. p. licząc od wyprodukowania azydku aż do otrzymania suchych spłonek powinien być znacznie krótszy od okresu przechowywania pod wodą piorunianu rtęci.

Własności wybuchowe. $T_z = 345^0$. *Wr. ud.* (2 *Kg*) = ok. 10 cm Siła wybuchu większa niż $Hg(ONC)_2$: aby detonować 1 g sproszkowanego trotylu umieszczonego w otoczce, potrzeba umieścić w tejże otoczce 0,36 g $Hg(ONC)_2$, natomiast tylko 0,08 g $Pb(N_3)_2$, który w próżni wybucha zarówno jak i w powietrzu, natomiast $Hg(ONC)_2$ zapalony w próżni — nie wybucha.

Zastosowanie. Dzięki swej znacznej sile miażdżącej, azydek nadaje się szczególniej do wyrobu spłonek detonujących do zapalników większych bomb burzących. Również, jego mniejsza stosunkowo wrażliwość na uderzenie zaleca go do wyrobu spłonek detonujących do zapalników am. działowej. Poza tym $Pb(N_3)_2$ daje się dobrze flegmatyzować parafiną (patent angielski); powstała stąd masa plastyczna, zupełnie niewrażliwa na uderzenie i krajanie, nadaje się bardzo do wyrobu lontów detonujących.

Ze względu jednak na zmiany zachodzące pod wpływem wil-

goci i światła, $Pb\,(N_3)_2$ powinien być używany przede wszystkim do wyrobu amunicji przeznaczonej do szybszego zużycia.

2. *Azydki rtęci* — istnieją dwa: $Hg_2\,(N_3)_2$ i $Hg\,(N_3)_2$.

Powstają one na drodze następujących reakcyj wymiany:

1) $2\,Na\,N_3 + 2\,Hg\,NO_3 + x\,H_2\,O = Hg_2\,(N_3)_2 + 2\,Na\,NO_3 + x\,H_2\,O$;

2) $2\,Na\,N_3 + Hg\,(NO_3)_2 + x\,H_2\,O = Hg\,(N_3)_2 + 2\,Na\,NO_3 + x\,H_3\,O$.

$Hg\,(N_3)_2$ — posiada ze wszystkich azydków metali największą siłę miażdżącą. Oba azydki rtęci dotychczas zastosowania praktycznego nie znalazły z powodu zbytniej wrażliwości na bodźce mechaniczne i — wynikających stąd trudności technicznych (wyrób, nabijanie i t. p.), pomimo korzystnej temperatury zapłonienia: np. dla $Hg_2\,(N_3)_2$ $tz = 281^6$.

C. Grupa związków o pierścieniu benzolowym.

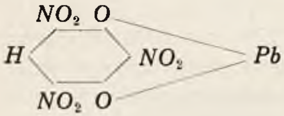
Należą tutaj zarówno sole nitrozwiązków aromatycznych o charakterze fenoli jak i niedawno wynalezione azydki nitrozwiązków aromatycznych. Z tych pierwszych, pikryniany nie nadają się jako podstawa materiałów inicjujących ani kompozycyj zapłonowych do kapiszonów, z powodu zbyt małej wrażliwości na uderzenie. Dopiero pochodne rezorcyny t. zw. trójnitrorezorcyniany *Pb* i *Ba* są dobrymi materiałami inicjującymi.

Niektóre pikryniany mogłyby prawdopodobnie wejść w skład materiałów inicjujących złożonych głównie z piorunianu rtęci i pikrynianu manganowego. Okoliczność, że kwas pikrynowy nie tworzy ani z rtęcią ani z jej połączeniami — pikrynianów, byłaby tu b. pomyślną. Z drugiej strony, słaba wrażliwość uderzeniowa pikrynianu manganowego zostałaby znacznie wzmocnioną przez domieszkę czułego na uderzenie piorunianu rtęci.

Co do pikrynianu manganowego, to istnieją dwie jego odmiany krystaliczne: jasna i ciemno-brunatna. Ta ostatnia o mniejszej zawartości wody krystalicznej powstaje przy długotrwałym wrzeniu skoncentrowanego roztworu kwasu pikrynowego ze sproszkowanym manganem metalicznym, podczas gdy odmiana jasna, zawierająca dużo więcej wody krystalicznej, otrzymuje się z reakcji kwasu pikrynowego na wodorotlenek lub octan manganu. Z odmiany ciemnej pikrynianu manganowego woda daje się z trudnością wyprażyć niemal całkowicie

(czynność b. niebezpieczna — możliwy wybuch); produkt może być następnie sproszkowany i zmieszany z niezbyt suchym piorunianem rtęci dając z ew. domieszką innych materiałów mieszaninę inicjującą.

1. Trójnitrorezorcynian ołowiu, $C_6H(NO_2)_3PbO_2 \cdot H_2O$.



Jak wynika ze wzoru strukturowego, jest on pod względem chemicznym podobny do pikrynianów.

Wyrób. — Zaczyna się od rezorcyny i swoim przebiegiem przypomina fabrykację kwasu pikrynowego. Zawiera podobne operacje:

1) sulfonowanie rezorcyny przez stopniowe mieszanie 1 cz. wag. rezorcyny i 9,5 cz. w. H_2SO_4 ($D = 1{,}84$) według reakcji:

$$C_6H_4(OH)_2 + 2\,H_2SO_4 = 2\,H_2O + C_6H_2(HSO_3)_2(OH)_2\,;$$

(sulforezorcyna)

2) nitracja: w ciągu 30 minut do 60% ilości stechiometrycznej HNO_3(D=1,4) wlewa się po kropli sulforezorcyną (60% wg. wyliczeń stechiometrycznych), po czym pozostały HNO_3 i resztę sulforezorcyny łączy się, wlewając znacznie wolniej, w ciągu 2 godz. 30 min. utrzymując stale temperaturę 40°; następuje pauza 30 min.; po czym — podniesienie temperatury do 60—70° i pozostawienie w niej na 1,5 godz.; zachodzi przy tym reakcja:

$$C_6H_2(HSO_3)_2(OH)_2 + 3\,HNO_3 = C_6H(NO_2)_3(OH)_2 + 2\,H_2SO_4 + H_2O.$$

3) staranne przemywanie aż do pozostałości $H_2SO_4 < 0{,}2\%$;

4) zobojętnianie kwaśnym węglanem sodu w temperaturze 25°:

$$C_6H(NO_2)_3(OH)_2 + 2NaHCO_3 = C_6H(NO_2)_3(ONa)_2 + 2\,CO_2 + 2H_2O;$$

5) wymiana azotanem ołowiu:

$$C_6H(NO_2)_3(ONa)_2 + Pb(NO_3)_2 = C_6H(NO_2)_3PbO + 2\,NaNO_3\,.$$

Otrzymany tą drogą produkt przedstawia proszek krystaliczny żółty, dobrze rozpuszczający się w kwasie octowym, o temperaturze zapłonienia $t_z = 276°$.

Zastosowania. Trójnitrorezorcyna z domieszką chloranu i in. poraz pierwszy została opatentowana w r. 1902 we Francji przez

Westfälisch-Anhaltische Sprengstoff-A. G., jako materiał inicjujący. Nadawała się ona do detonowania najtrudniej pobudliwych materiałów wybuchowych jak n. p. trotyl, choć w tych wypadkach spłonki musiały jej zawierać znacznie więcej niż zwykłe spłonki zawierają piorunianu. Trójnitrorezorcynian ołowiu znajduje się w kompozycji zapłonowej opatentowanej w Niemczech w r. 1924 za nr. 424380. To nie przeszkadza, że austriacki patent nr. 127201 z r. 1932 zatwierdza wynalazek czterech kompozycyj zawierających monotitrorezorcynian ołowiu, z których aż trzy zawierają prócz tego trójnitrorezorcynian ołowiu; przeznaczone są one do nabijania spłonek detonujących, między in. zapalanych za pomocą prądu elektrycznego

Chociaż trójnitrorezorcynian ołowiu od dawna interesował przemysł wojenny niemiecki, to jednak dopiero w r. 1932 opatentowano w Niemczech nową kompozycję zapłonową (t. zw. sinoxyd) składającą się z: trójnitrorezorcynianu, chloranu, siarczku antymonu i tłuczonego szkła. Ma ona tę zaletę, że nie powoduje korozji przewodu lufy kb. w przeciwieństwie do wielu innych mieszanek zapłonowych.

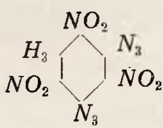
2. *Trójnitrorezorcynian barytu,* $C_6 H (NO_2)_3 Ba O_2$.

Poza jednym patentem niemieckim proponującym go obok innych składników do kompozycji zapłonowej, związek ten nie jest znany jako materiał inicjujący.

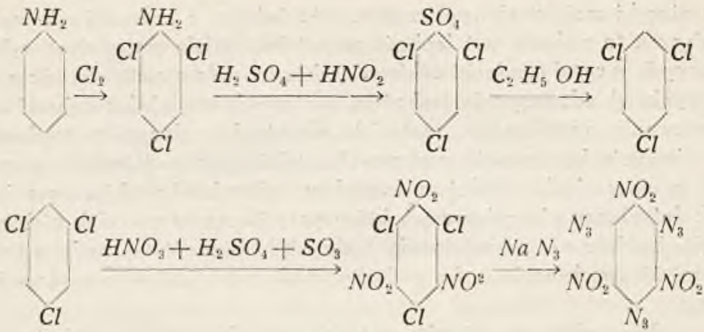
W mieszaninach, zawierających proch czarny lub chloran albo saletrę, nadawałby się zapewne do wyrobu rakiet o zielonym świetle podobnie jak analogiczny związek strontu — do wyrobu rakiet czerwonych.

3. *Trójnitrotrójazydobenzol,* $C_6 (NO_2)_3 (N_3)_3$.

Wzór strukturowy:



Związek ten został po raz pierwszy wyprodukowany przez czeskiego inż. O. Turka pod kierownictwem profesora praskiej politechniki Krauza, a następnie opisany przez Turka w r. 1931 w „Chimie et Industrie". Wyrób polega na szeregu reakcyj według następującego schematu wychodząc od aniliny:



Jest rzeczą jasną, że niesłychanie złożony wyrób tego związku wymaga wielkiej dokładności w zachowaniu temperatur przy poszczególnych operacjach, wypróbowanych metod unikania strat, trudnych sposobów przemywania półproduktów i t. p., co w znacznym stopniu wpływa na powiększenie kosztów.

Własności wybuchowe. Mimo wad wyrobu związek ten ma (według O. Turka) następujące zalety jako materiał inicjujący.

1) największą znaną siłę miażdżącą,

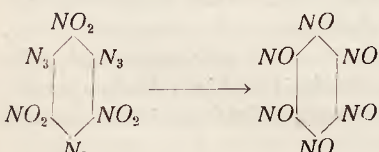
2) trwałość chemiczną t. j. odporność na działanie zmian temperatury, naświetlania, wilgoci i t. p.,

3) małą wrażliwość na uderzenie i zupełną niewrażliwość na tarcie,

4) w stanie luźnym nie wybucha, lecz spokojnie się spala, wybuchnąć zaś może dopiero po nabiciu do spłonki,

5) płomień b. obfity.

Natomiast wadą jego jest wydzielanie azotu w temp. $\geq 35^0$; zachodzi przy tym następująca reakcja rozkładu:



$+ 3\,N_2$. Ze względu jednak na to, że temperatura 35^0 jest mało realną w naszym klimacie, — wada to niewielka.

Istnieje natomiast inna wątpliwość: przy wyrobie spłonek detonujących, obserwując sposób samego nabijania materiału inicjującego

do otoczki metalowej, spostrzegamy, że jednym z czynników komplikujących to zadanie jest lepkość materiału. Wiele materiałów wybuchowych, z reguły związki cyklowe (także ich sole z metalami jak n. p. pikryniany) odznacza się lepkością, co powoduje niejednostajność zaprasowania, przyleganie materiału do stopki tłocznika, trudności w mieszaniu kompozycji zapłonowej a także przy zwilżaniu, suszeniu i t. p. operacjach. Pod tym względem najbardziej praktycznym jest jak dotychczas piorunian rtęci, który przy tłoczeniu pastylek niekiedy wybucha, lecz nie posiada wady lepkości. Obecność tej wady u trójnitrotrójazydobenzolu, jako związku cyklowego, jest b. prawdopodobna.

Niezwykła siła miażdżąca tego materiału podobnie, jak trójnitrorezorcynianu ołowiowego mogłaby być praktycznie wypróbowana metodą U. S. A. — przez kruszenie piasku w bloku stalowym, co w zestawieniu zwłaszcza z piorunianem rtęci i azydkiem ołowiu a także mało znanym tetrazenem — dałoby ciekawe wyniki.

I tutaj właśnie nadarza się, przy omawianiu pomiarów najważniejszej właściwości materiałów inicjujących jaką jest siła miażdżąca, sposobność oceny istniejących metod badania tej siły. Z tych rozpatrzymy trzy najbardziej rozpowszechnione, mianowicie: 1) próbę przebicia płyty ołowianej, 2) próbę bloku Trauzla i 3) próbę miażdżenia piasku w bloku ze stali.

1) Próba przebicia płyty ołowianej zaleca się szybkością i zupełną możnością stwierdzenia, czy wyprodukowana spłonka była dobra lub zła; a to — sądząc z wyglądu otworu i rysunku rozprysku Nie daje ona natomiast wcale pojęcia o całkowitym efekcie miażdżącym danej ilości materiału inicjującego.

2) Próba bloku Trauzla daje wyniki decydujące tylko wtedy, kiedy w absolutnie jednakowych blokach różne materiały inicjujące (lub wybuchowe), wzięte w rozmaitych lecz ściśle odważonych ilościach, tworzą rozdęcia zupełnie jednakowe co do objętości i formy. Innemi słowy, trzebaby przeprowadzić wprost olbrzymią ilość prób, aby otrzymać te zupełnie jednakowe rozdęcia bloków i dopiero porównywając ilości zużytych materiałów wyprowadzać ostateczne wnioski co do ich siły miażdżącej.

Przy wykonywaniu prób Trauzla sposobem pierwotnym, gdzie używano różnych materiałów w ilościach jednakowych i otrzymywano różne rozdęcia bloków ołowianych, — sądzić o sile miażdżącej ze stopnia rozdęcia niepodobna, gdyż rozdęcie to nie jest wprost propor-

cjonalne do siły. Poza tym blok Trauzla nadaje się może najlepiej do mierzenia siły materiałów wybuchowych miotających, w mniejszym stopniu dla materiałów kruszących, a wcale nie nadaje się do mierzenia siły miażdżącej materiałów inicjujących, gdzie tak ważną rolę gra temperatura wybuchu i szybkość fali detonacji.

3) Próby miażdżenia piasku w bloku stalowym (rys. 1). Do tych prób użyto bloku stalowego o wymiarach podanych na rysunku. Wewnątrz bloku umieszcza się 100 *g* piasku (czystego S_i O_2 który całkowicie przechodzi przez sito o 20 oczkach na 1 cal ang., lecz całkowicie pozostaje na sicie mającym 30 oczek w 1 calu ang. Spłonkę umieszcza się pośrodku, zakręca się dno i powoduje wybuch zapałem elektrycznym. Po wybuchu waży się szczegółowo piasek, który przechodzi teraz przez sita drobniejsze, mianowicie: 40, 60, 80 i 100 oczek w 1 calu ang. kwadr. Próby takie dają pojęcie o całkowitej sile miażdżącej spłonek mających ściśle jednakowe wymiary, gdyż spłonki cienkie i bardziej wydłużone, przy jednakowej zawartości materiału, powodują zmiażdżenie znacznie większej ilości piasku aniżeli spłonki grubsze i krótsze.

Próby siły miażdżącej „inicjatorów" tą metodą dałyby wyniki bardziej praktyczne, gdyby były wykonywane w sposób odpowiadający założeniu, że przy stosowaniu różnych inicjatorów do dużych spłonek detonujących umieszczanych w zapalnikach bomb burzących, granatów większych kalibrów i t. p. rozstrzyga nie tyle masa materiału inicjującego, ile jego objętość i wymiary spłonki.

Gdyby mianowicie sprowadzić wymiary spłonki i objętość inicjatora (przy odpowiednim dla każdego inicjatora zaprasowaniu) do wartości stałych w otoczkach o wymiarach: $d = 10$ mm. i $h = 30$ mm., do wysokości zaprasowania $h_1 = 10$ mm, — to otrzymane dla poszczególnych mat. inicjujących wyniki miażdżenia piasku przedstawiałyby szereg praktycznych spółczynników siły miażdżącej.

Następnie, tą samą drogą możnaby ustalić najdogodniejszy kształt spłonki dla poszczególnych mat. inicjujących. Oczywiście, bloki stalowe potrzebne w tych wypadkach miałyby wymiary kilkakrotnie silniejsze od podanych na rys. 1. Stałą wysokość zaprasowania przy użyciu do badań poszczególnych mat. in. można osiągnąć drogą próbnego zaprasowywania (przy ciśnieniach odpowiednich dla każdego z materiałów) ilości dowolnie odważonej i obliczenia ilości potrzebnej dla danej wysokości zaprasowania, — według proporcji między masami i wysokościami zaprasowania. Mianowicie, o ile siła

zaprasowania i przekrój spłonki pozostają stałymi, to masa potrzebna $m = \frac{m_1 \cdot h_2}{h_1}$, gdzie m_1 — masa próbna, h_2 — stała wysokość zaprasowania i h_1 = pomocniczej, próbnej wartości zaprasowania.

Im trudniej pobudliwe są ładunki materiału wybuchowego, tym silniejszej wymagają spłonki detonującej. Np. do wysadzania min z prochu czarnego, dynamitu, mieszaniny trocin i ciekłego tlenu wystarczają spłonki saperskie najmniejsze do n-ru 6; do wysadzania min z ładunków piroksylinowych, melinitowych i krezylitowych wystarczą spłonki sap. od n-ru 7 do 8 wł.; dla trotylu natomiast jako najtrudniej pobudliwego — potrzebna jest spłonka sap. nr. 10.

Ściśle jednak, przy wyborze n-ru spłonki dla danego materiału wybuchowego, należy się kierować danymi co do szybkości detonacji danego materiału, wywołanej przez daną spłonkę. Praktyka wykazuje, że największa szybkość detonacji dynamitu($V_{d\,max}$ = 6330 m/sek) zostaje osiągnięta już przy zastosowaniu spłonki sap. nr. 3. (0,54 g piorunianu rtęci), co oczywiście czyni zbędnym stosowanie spłonek silniejszych. Ponadto wg. Kasta (Zeitschrift f. d. ges. Schiess - u. Sprengstoffwesen, München, 1913, str. 156), im większa jest spłonka (ilość inicjatora), tym szybciej fala wybuchu pobudzonego materiału osiąga swą maksymalną szybkość detonacji, która od tego momentu pozostaje stałą aż do ukończenia wybuchu.

Badania ilościowe własności materiałów inicjujących, przeprowadzane zapomocą precyzyjnych przyrządów, chociaż niekiedy dają wyniki utrzymane w ciasnych granicach, bezpośrednio jednak mają znaczenie bardziej teoretyczne niż praktyczne. Szczególniej te z nich, które dokonywane są w warunkach mało realnych, jak np. badanie spalania w próżni, mierzenie szybkości fali detonacji materiału luźno rozsypanego, badania odporności chemicznej na długotrwałe działanie wysokich temperatur (50^0), działanie promieni lampy rtęciowej i t. p.

Wyniki badań ilościowych nad wybuchami poszczególnych „inicjatorów" dadzą nam bezpośrednią korzyść praktyczną dopiero wtedy, kiedy na ich podstawie będziemy mogli znane nam inicjatory zestawić w szeregi podług wzrastających lub malejących wartości badanej własności.

Tymi własnościami powinny być przede wszystkim:

1) siła miażdżąca, 2) natężenie cieplne wybuchu, 3) temperatura zapłonienia i 4) wrażliwość na uderzenie (w cm. upadku 2 kg kafarka).

Szereg.	1	2	3	4
Własność	Siła miażdżąca	Natężenie cieplne wybuchu	Temperatura zapłonienia	Wrażliwość na uderzenie kafarkiem pirotechn.
Wzory chem. materiałów inicjujących	$C_6(NO_2)_3(N_3)_3$; $Pb(N_3)_2$; $AgONC$; $CuONC$; $Hg(N_3)_2$ / $Hg(ONC)_2$; $C_6H(NO_2)_3PbO_2$ / $C_6H(NO_2)_3BaO_2$; $Hg_2(N_3)_2$.	$C_6(NO_2)_3(N_3)_3$; $C_6H(NO_2)_3PbO_2$ / $C_6H(NO_2)_3BaO_2$; $Pb(N_3)_2$ / $Hg(N_3)_2$; $AgONC$ / $CuONC$; $Hg(ONC)_2$; $Hg_2(N_3)_2$.	$CuONC$; $AgONC$; $Hg(ONC)_2$; $C_6H(NO_2)_3PbO_2$ / $C_6H(NO_2)_3BaO_2$; $Pb(N_3)_2$ / $Hg(N_3)_2$; $Hg_2(N_3)_2$ / $C_6(NO_2)_3(N_3)_3$.	$AgONC$; $Hg(N_3)_2$ / $Hg_2(N_3)_2$; $Hg(ONC)_2$; $Pb(N_3)_2$; $CuONC$; $C_6H(NO_2)_3PbO_2$ / $C_6H(NO_2)_3BaO_2$ / $C_6(NO_2)_3(N_3)_3$.

Szeregi takie zestawiono wyżej dla przykładu, tylko z bardziej znanych materiałów inicjujących (pomijając n. p. taki materiał jak tetrazen) w ten sposób, że wartości 1-go i 2-go szeregu maleją, a 3-go i 4-go wzrastają.

Z tych oraz z poprzednio wyłożonych danych można wyciągnąć następujące wnioski co do możliwości zastosowań ważniejszych ze wspomnianych materiałów inicjujących:

1. Piorunian rtęci odpowiedni jest do wyrobu spłonek detonujących do am. art. pol. i do wyrobu kapiszonów am. kb. przeznaczonej na najdłuższe okresy przechowania.

2. Azydek ołowiu — jak wyżej, lecz do amunicji przeznaczonej do szybszego zużycia (w szczególności do fabrykacji wojennej).

3. Piorunian miedzi — do kompozycji zapłonowych am. kb i t. p. oraz myśliwskiej; do wyrobu lontów w mieszaninie z parafiną i t. p.

4. Trójnitrorezorcynian ołowiu — w stanie czystym do spłonek górniczych, zwł. elektrycznych zapałów; w kompozycji zapłonowej do kapiszonów.

5. Trójnitrotrójazydobenzol, jako kosztowny i odporny na działanie mechaniczne, może się nadawać szczególniej do nabijania spłonek detonujących w zapalnikach do bomb burzących i granatów wiekszych kalibrów.

Kpt. w st. sp. St. Łysiński.

Organizacja i działalność służby uzbrojenia w Stanach Zjednoczonych.— mjr. R. Marsh (Army Ordnance 1936 r.)

(ciąg dalszy).

Kompania naprawcza dywizji piechoty (uzupełnienie).

Etat średniej kompanii naprawczej (ordnance medium maintenance company) wskazany już był na str. 278 r. z. Jako jednostka służby uzbrojenia posiada ona jakby podwójną organizację: techniczną dla spełniania swych czynności technicznych i wojskową — potrzebną dla administracji, zachowania karności i obronności. Organizacja wojskowa kompanii naprawczej jest podobna do organizacji kompanii piechoty; organizacja techniczna podzielona jest wg. funkcyj na sekcję służbową, artyleryjską, samochodową i rusznikarską. Z kompanii tej

mogą być wydzielane części (grupy) złożone z potrzebnego personelu technicznego, celem wykonania poszczególnych misyj. Dla celów wojskowych kompania podlega dowódcy wojsk specjalnych dywizji, jako ich część organiczna (p. schemat na str. 276); tworzy ona również część taborów dywizji i jako taka w swych czynnościach i ruchach jest kierowana rozkazami administracyjnymi, które układa oficer sztabu dywizji (Wydział G-4). Funkcje różnych sekcyj kompanii naprawczej są następujące: 1) Kwatera Główna i Sekcja Zaopatrywania zawiera personel administracyjny, jakimi są: sierżant-szef kompanii, sierżant żywnościowy, pisarz, kucharze i t. p. W czasie marszu personel ten odpowiada za przewóz żywności, bagażu i osób. 2) Sekcja Służbowa składa się z zawodowych specjalistów, zajętych przy warsztacie ruchomym pracami ogólnymi, wymaganymi przez inne sekcje kompanii, jak np. spawanie, roboty kowalskie, elektrotechniczne i t. p. oraz zajmuje się pielęgnowaniem sprzętu przeznaczonego dla kompanii jak zapasowe narzędzia i części technicznego wyposażenia kompanii. Jej pracami naprawczymi kieruje majster mechanik. Szefem tej sekcji jest najstarszy porucznik kompanii. 3) Sekcja Rusznikarska obarczona jest inspekcją i naprawą broni piechoty i ma do tego celu stosowne ciężarówki. W razie potrzeby może wysunąć poza biwak kompanii, bliżej ku walczącym oddziałom, w sąsiedztwo punktu rozdzielczego amunicji małokalibrowej, grupę wydzieloną z warsztatem naprawczym i częściami zapasowymi. Lekka naprawcza ciężarówka służy łącznikiem między wysuniętą grupą a biwakiem kompanii. 4) Sekcja Samochodowa naprawia czołgi, ciągniki i wszelkie podwozia motorowe, jakimi zarządza Dep. Uzbroj. W naprawie czołgów pomaga w pracy sekcji naprawczej kompanii czołgów. Sekcja ta posiada wyekwipowane ciężarówki do pracy na biwaku, przy drogach i na stanowiskach. 5) Sekcja Artyleryjska naprawia sprzęt artyleryjski dywizji, co może wykonywać na biwakach. Jeden lub 2 wozy z częściami zapasowymi mogą być wydzielone podobnie jak w sekcji rusznikarskiej.

Rozpatrzmy, jak spełnia swe czynności kompania naprawcza. Rozkazy marszu otrzymuje ona z Oddziału 4 Sztabu dywizji i posuwa się z jednostkami motorowymi taborów dywizji, wg. wyznaczonego rozkazem miejsca w kolumnie. Biwak kompanii wyznacza oficer uzbrojenia dywizji po uzgodnieniu z Oddziałem 4. Sztabu i potrzebami innych służb. Jeżeli pozwalają okoliczności, kompania biwakuje w miastach, gdzie mogą być warsztaty lub garaże do jej użytku.

Biwak rozkłada się przy głównej ulicy, służącej do ewakuacji dywizji lub na bocznej drodze tam wiodącej; w każdym razie musi to być droga zdatna do ruchu motorowego. W wyborze biwaku bierze się pod uwagę rozmieszczenie innych oddziałów wojsk specjalnych. Zwykle umieszcza się go na tyłach rejonu dywizji, między punktem rozdzielczym amunicji a ciężką kompanią naprawczą korpusu lub instytucjami uzbrojenia armii. Dobrze jest umieścić kompanię dywizyjną w pobliżu drogi między punktem rozdzielczym a zasilającym amunicji, aby puste wozy mogły być użyte do odsyłania zużytego sprzętu do naprawy.

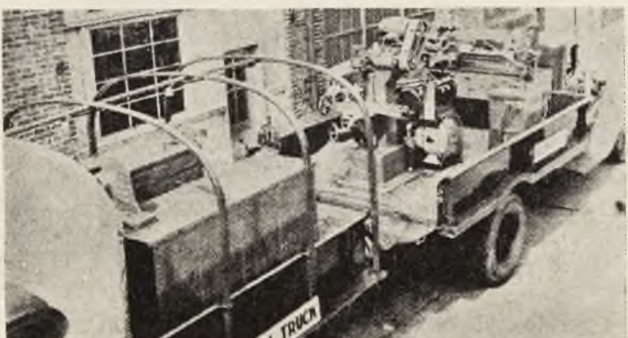
Kompania wozi przedmioty przepisowe na kilku wozach, wg. spisów ustalonego mianownictwa. Gdy kompania udaje się na biwak, wozy dźwigające części zapasowe zostają rozładowane lub pozostają w takim stanie, aby można było szybko uczynić użytek z wożonych przedmiotów. Kompania naprawcza jest zaopatrzona w narzędzia do napraw obszerniejszych niż te, jakie uczynić mogą oddziały bojowe własnymi siłami. Na wezwanie oddziału wysyła się lekką naprawczą ciężarówkę z załogą i narzędziami; w razie poważniejszych napraw przedmiot zepsuty dostarcza się na biwak kompanii, a w ostatecznym razie przekazuje się go do ciężkiej kompanii naprawczej, jak to już było zresztą gdzieindziej nadmienione.

Zaopatrywanie w amunicję.

Jest to zapewne zagadnienie najważniejsze. najtrudniejsze i najżywotniejsze z pośród wszelkich zagadnień, jakie mają do rozwiązania wojska polowe i Departament Uzbrojenia. Jest ono najwięcej ważkie z powodu rozmiaru i tonnażu, który przewyższa tonnaż wszelkich innych dostaw razem wziętych. Jest ono najtrudniejsze z powodu potrzeby zachowania ruchliwości i z powodu trudności transportu po bezdrożach w terenie porytym wojną. Jest wreszcie najżywotniejsze, bo bez zapewnionej i nieprzerwanej dostawy amunicji armia staje się tylko gromadą ludzi obładowanych obszernym, ciężkim i uciążliwym brzemieniem. Ograniczymy się tutaj jedynie do dyskusji o zaopatrywaniu w amunicję. Zagadnienie uzyskania jej lub wyrobu jest również trudne, lecz zostanie tu pominięte. Przyjmiemy zatem, że obfitsza dostawa amunicji jest zapewniona przez właściwe źródła i że mamy zająć się tylko zagadnieniem podziału

czyli zaopatrzenia polowego. Aby należycie zrozumieć to zagadnienie, należy przedewszystkiem podjąć pewne historyczne dociekania i rozpatrzeć stan zaopatrzenia i organizację zaopatrzenia przed wojną światową oraz ich rozwój od tego czasu. Następnie trzebaby przestudjować obecny przepisowy system zaopatrywania, jego organizację, urządzenia, podział odpowiedzialności, kierownictwo i kontrolę i poddać je krytyce.

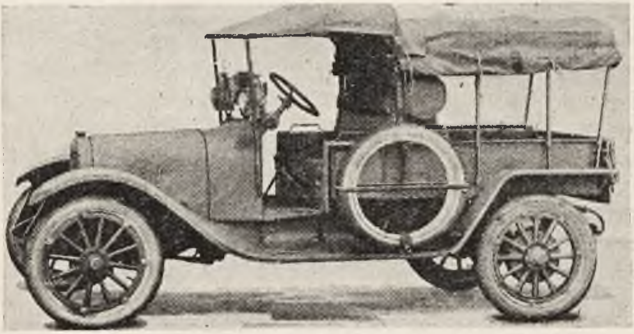




1. Ciężarówka naprawcza z 1918 r. i dzisiejsza.

Przed przystąpieniem Stanów Zjednoczonych do wojny, służba zaopatrywania w amunicję właściwie nie istniała jako taka. Ówczesne

wydanie regulaminu służby polowej przepisywało, że organizacja i działalność służby zaopatrywania były funkcją artylerii polowej. Tabele organizacyjne przewidywały tabory i kolumny amunicyjne w organizacji dywizyjnej i w wyższych jednostkach, lecz w rzeczywistości one nie istniały. W czasie przystąpienia do wojny przygotowano nowe tabele organizacyjne, które próbowały uskutecznić zaopatrywanie zgodnie z regulaminem amerykańskiej służby polowej,

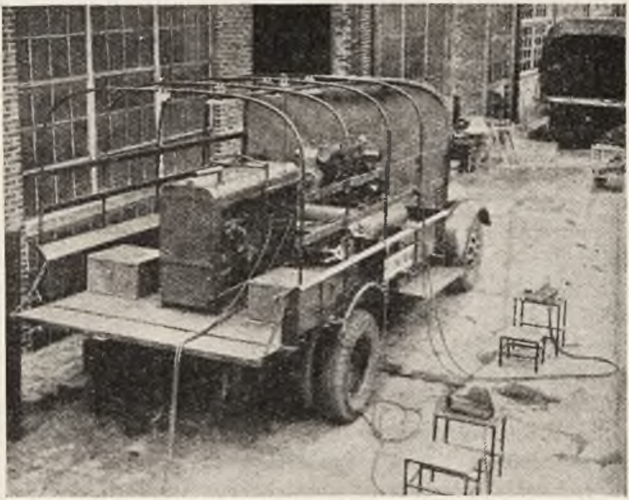




2. Lekka ciężarówka naprawcza z 1918 r. i dzisiejsza.

lecz cokolwiek zmienione wg. wskazówek sprzymierzeńców. Ponieważ Amerykanie nie mieli doświadczenia praktycznego w tej służbie i ponieważ wzięto pod uwagę, że Korpus Ekspedycyjny będzie działał w łączności z wojskiem francuskim, było rzeczą naturalną i logiczną,

żeby służba zaopatrywania była zorganizowana zgodnie z metodą francuską. Naczelne dowództwo amerykańskie wydało w dniu 1.VI. 1918 r. odpowiednie rozkazy w tej sprawie oparte na zasadzie, że tyłowe i wyższe jednostki są obarczone odpowiedzialnością posuwania amunicji jak tylko można daleko naprzód, redukując w ten sposób o ile możności wleczenie za sobą taborów przez oddziały walczące w niższych i wysuniętych jednostkach. Te zmiany wg. metod fran-



3. Ciężarówka z instalacją do spawania.

cuskich oraz rozproszenie jednostek amerykańskich w początkach działania ich Korpusu Ekspedycyjnego wywołały pewne zamieszanie i metoda dostawy w wojsku amerykańskim nigdy nie była ujednostajniona. Pierwszy pociąg amunicyjny pracował z 11 różnymi brygadami artylerii i, jak się okazało, metody pracy w każdej brygadzie były inne.

Pożądane było obarczyć dowódcę artylerii dywizyjnej odpowiedzialnością za zorganizowanie i działalność służby zaopatrywania w amunicję zgodnie z regulaminem polowym amerykańskim; tymczasem warunki zmusiły do zmiany tej zasady. Powstały zmienne

zapatrywania co do przydatności posiadania w artylerii służby zaopatrywania. W wielu dywizjach, gdzie Sekcja Zaopatrywania Sztabu Głównego działała sprawnie, służba ta była przerzucona z artylerii na tę sekcję, dzięki czemu zdjęto z dowódcy artylerii uciążliwą funkcję zaopatrywania i dano mu więcej czasu na zagadnienia taktyczne, które i tak są bardzo trudne w normalnych warunkach. Przy takiej zmianie służba zaopatrywania w amunicję znajdowała się pod kontrolą oficera odpowiedzialnego za tę i za inne służby. Pomimo faktu, że przy takim układzie zaopatrywanie odbywało się gładko, zadowalająco i sprawnie, zmiana ta nie była nigdy uznaną oficjalnie w amerykańskim Korpusie, a Szkoła Sztabu w Langres nadal uczyła, że zaopatrywanie w amunicję jest funkcją artylerii. Wskutek tego zaopatrywanie w amunicję nigdy nie było ujednostajnione, lecz metoda ta zmieniała się od miejsca do miejsca, zależna będąc od miejscowych okoliczności, sprawności indywidualnej oficerów i sprawności organizacyjnej sztabów. Że zaopatrywanie w amunicję nie było wszędzie całkiem zadowalające, można przekonać się z licznych meldunków i z zaświadczeń oficerów uzbrojenia i oficerów artylerii

Naczelna Komisja Organizacji i Taktyki amer. Korpusu Eksped. w dyskusji nad sprawą amunicji doszła do wniosku, że „Wiadomo stało się wszystkim, którzy mieli z tym do czynienia, iż nasz system zaopatrywania w amunicję nie działał gładko. Sam system był zasadniczo taki jak w innych wojskach i, jak dowiodły nasze doświadczenia, nie był niezdrowy, lecz nie zgłębiliśmy dostatecznie tego zawiłego zagadnienia i nie przewidzieliśmy dostatecznej ilości fachowego personelu potrzebnego do odbioru, sortowania i wydawania amunicji w składnicach i do przesyłania jej dalej do dział. Nawet nie przewidziano dostatecznej ilości dobrze wyposażonych magazynów". Pomimo że ten wniosek był uznany dość wcześnie i przyjęty przez wszystkich, dopiero dnia 1. XI. 18 r. uznano oficjalnie konieczność ulepszenia służby zaopatrywania; wtedy Naczelne Dowództwo zatwierdziło tabelę organizacyjną, stwarzając ***kompanię zaopatrywania w amunicję*** w każdej dywizji, złożoną z 6 oficerów i 216 szeregowych.

Po zawieszeniu broni wspomniana Komisja podjęła między innymi sprawę właściwej organizacji zaopatrywania w amunicję. Przedstawiciel szefa Dep. Uzbr. zaproponował tej Komisji poniższe wnioski: 1. Zaopatrywanie w amunicję jest zupełnie oddzielne od zaopatrywania w inne materiały. 2. Cały personel tym zajęty musi

być dobrze wyszkolony w sprawach amunicji w czasie pokoju, jeżeli nie ma zawieść w czasie operacyj wojennych. 3. Wyszkolenie to może całkowicie odbywać się w składnicach amunicji Dep. Uzbroj. 4. Aby móc należycie zarządzać składnicami amunicji, należy na wszelki wypadek poddać temu wyszkoleniu znaczną ilość oficerów i szeregowych służby uzbrojenia. 5. Główna część tego wyszkolonego personelu będzie użyta do obsługi taborów amunicyjnych i magazynów amunicji. — Te wnioski były rozważane przez Naczelną Komisję, lecz nie zostały przyjęte, a planowana przez Komisje organizacja, cakolwiek zmieniona wkrótce przez Komitet Wydziału Planów Wojennych Ministerstwa Wojny, ustaliła tabor amunicyjny w dywizji jako integralną część brygady artylerii i postanowiono, aby amunicja piechoty wożona była w taborach kwatermistrza dywizji, a tabor amunicyjny korpusu miał być taborem artylerii.

Zaopatrywanie w amunicję wg. Naczelnej Komisji Organizacji i Taktyki oparte jest na następujących zasadach: szef artylerii armii oblicza amunicję, potrzebną do wykonania pewnego określonego planu, pod względem przeciętnego dziennego zużycia i wskazuje ilości, jakie mają być przechowywane w odwodach armii, w odwodach korpusów, dywizyj oraz przy bateriach. Oddział G-4 armii ma zapotrzebować tę amunicję z tyłów. Amunicja przybywa do magazynów armii i udziela się „kredytów" dowódcom artylerii korpusowej celem pokrycia zasobów amunicji dla wykonania planu. Dowódcy artylerii korpusowej przydzielają amunicję dowódcom artylerii dywizyjnej i swojej artylerii dla codziennych lub nadzwyczajnych potrzeb, a podobnież d-cy artylerii dywizyjnej przydzielają amunicję d-com pułków dla rozkładu na baterie. Oddział G-4 armii prowadzi kontrolę odbioru amunicji w składnicach armii i jej wydawania stamtąd; dowódcy zaś artylerii korpusowej i dywizyjnej mają kontrolę nad amunicją w ich własnych magazynach. Co się tyczy transportu, to d-ca artylerii korpusowej jest odpowiedzialny za ruch amunicji z magazynów armii i układa wraz z dowódcami art. dywizyjnej szczegóły podziału, czasem wioząc ją z pomocą taboru swego korpusu do magazynów korpusowych, czasem wprost do magazynów dywizyjnych, — jak jest dogodniej. Podobnież tabory dywizyjne bywają używane do transportu z magazynów korpusu tylko do magazynów dywizyjnych lub wprost do bateryj. Tabory bojowe pułkowe czerpią zwykle z magazynów dywizyjnych. Cały ten system jest z konieczności bardzo giętki, jego działanie zależy od chwilowej sytuacji: chodzi o możliwe

unikanie podwójnego traktowania amunicji. D-ca korpusu może używać też kolejek polowych, lecz ruch z magazynów korpusowych do przodu odbywa się zwykle przy pomocy samochodów ciężarowych korpusu, taboru amunicyjnego dywizyjnego i przy pomocy jaszczy pułkowych.

Najważniejsze czynności w przekazywaniu amunicji z magazynów armii do dział są następujące: a) Uzyskać amunicję przeznaczoną dla magazynów korpusów i dywizyj, pomagając gromadzeniu jej w magazynach armii i ułatwiając szybki podział w razie nagłej potrzeby. b) Regulować podział z magazynów korpusów i dywizyj w ten sposób, aby tylko bezwzględnie konieczne ilości rozsiane były po stanowiskach bateryj i w ten sposób ułatwić wyższym dowódcom ukrócenie marnotrawstwa i rozdział amunicji zgodnie z potrzebami walki. c) Wybrać miejsca na magazyny polowe, możliwie przy linjach kolejowych z uwzględnieniem innych dróg dojazdowych i rozmieszczenia oddziałów, którym mają służyć; zbudować w tych miejscach platformy pod pociski, schrony na proch i zapalniki, drogi dla ruchu w obie strony, wszystko to z uwzględnieniem zachowania bezpieczeństwa i ukrycia przed obserwacją, d) Przeznaczyć dla każdego magazynu odpowiedni wyszkolony personel obeznany z rodzajami i typami amunicji, odbiorem, sortowaniem i wydawaniem amunicji. e) Przewozić wszelką amunicję z magazynów armii do korpusów i dywizyj oraz na stanowiska bateryj z najlepszym wykorzystaniem wszelkich środków transportowych: kolei żelaznych, ciężarówek i jaszczy, unikając gdzie można podwójnej manipulacji i zapewniając zaopatrzenie bateryj w potrzebne rodzaje amunicji w pożądanym czasie

Doświadczenie pokazało, iż jest rzeczą niezbędną zwalić odpowiedzialność za całą tę skomplikowaną pracę na jeden czynnik Naturalnie, nie może on spełniać tej pracy bez pomocy i współpracy innych. Więc transport kolejowy, rozdział magazynów i ich budowa ruch na drogach — są to sprawy, które wymagają pomocy specjalistów. Lecz są one jedynie dodatkami do głównego zagadnienia wykonawczego — wydawania potrzebnych rozkazów regulujących strumienie amunicji z magazynów armii do dział i kontrolowania dniem i nocą transportu na ciężarówkach, jaki jest potrzebny, aby przewieźć amunicję na miejsce jej zużytkowania.

Komitet Wydziału Planów Wojennych zmodyfikował cokolwiek organizację powyższą, jak to już było wspomniane. Amunicja wożo-

na przy działach razem z amunicją w taborze bojowym i taborze (parku) amunicyjnym powinna wystarczyć na 1½ dnia ognia dla brygady artylerii.

Amunicja wożona przy działach korpusowych razem z amunicją taborów bojowych korpusu i taborem amunicyjnym korpusu ma starczyć na 1½ dnia ognia dla artylerii korpusu. Tabor amunicyjny korpusu tak zorganizowany wystarcza zwykłym potrzebom wojny ruchowej i ma służyć jako zawiązek dla zorganizowania służby zaopatrzenia w amunicję dla wojny pozycyjnej.

Ilość amunicji piechoty wożona w taborze dywizji ma wynosić 60 strzałów na karabin plus połowa tej ilości w taborze bojowym dla karabinów maszynowych, armatek 37 mm i moździerzy Stokesa lub haubic piechoty.

Generał Pershing uważał, że propozycje Naczelnej Komisji ułożone były pod wpływem wojny pozycyjnej w zachodniej Europie i nie mogą znaleźć bezpośredniego zastosowania do warunków amerykańskich.

Taki był historyczny rozwój organizacji zaopatrywania w amunicję. Obecnie (grudzień 1935 r.) jedyną organizacją przeznaczoną do zaopatrywania w amunicję są kompanie amunicyjne służby uzbrojenia oraz tabory amunicyjne brygad polowej artylerii. Kompania amunicyjna składa się z 6 oficerów i 164 szeregowych wszelkich stopni. Nie jest to właściwie jednostka przeznaczona do transportu amunicji. Przewożenie jako czynność tej kompanii polega tylko na takim transporcie, jaki może być potrzebny dla wożenia bagażów kompanii i innego ekwipunku; środki jej są ograniczone do niewielu samochodów ciężarowych. Kompania ta jest przeznaczona do dostarczania administracyjnego i dozorującego personelu, potrzebnego w zakładach amunicji w obrębie armii. Tabory amunicyjne brygad artylerii polowej składają się z „bateryj" amunicyjnych ciągnikowych i o pociągu konnym, zgrupowanych w parki w różnych kombinacjach, razem z taborami kwatery głównej. Bateria amunicyjna o ciągu mechanicznym składa się z 24 wozów 3 tonnowych o pojemności ogólnej 72 tonn. Bateria amunicyjna o ciągu końskim składa się z 24 wozów po 1½ tonny, co daje ogólną pojemność 36 tonn. Dodatkowe prace, jakie mogą być potrzebne w postaci zbudowania zakładów amunicyjnych, w przygotowaniu terenu pod te zakłady, składy amunicji i punkty rozdzielcze są wykonywane przez oddziały intendentury i różne jednostki korpusu inżynierów. Pewne ładunki

amunicji są przeznaczone do transportu przez elementy przewozowe korpusu intendentury w korpusach i dywizjach, co będzie omówione później.

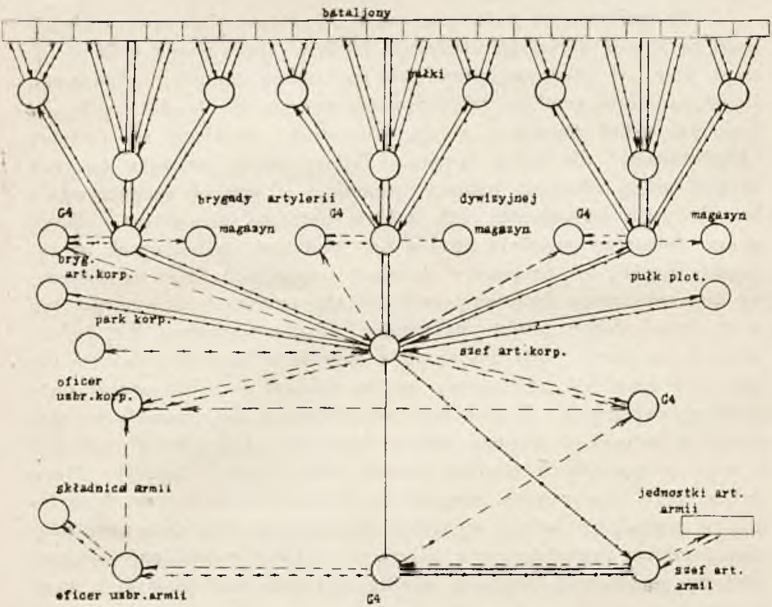
Rozpatrzmy teraz rozkład jednostek zaopatrywania w amunicję. W organizacji typowej armii polowej istnieje w grupie służb grupa służby uzbrojenia składająca się z 3-ch kompanij amunicyjnych, poza innymi kompaniami (p. W. T. U. Nr. 32, str. 276). W artylerii armii istnieje tabor amunicyjny składający się z taboru kwatery głównej i 6 bateryj amunicyjnych motorowych o pojemności ogólnej 432 tonn. Służba intendentury armii posiada pewną ilość kompanij transportu motorowego, dla których obecnie nie ma jeszcze ustalonych przepisowych ładunków. Tabor amunicyjny i kompanie transportu motorowego intendentury armii stanowią zapasowe środki transportowe, które mogą być użyte do transportu amunicji w takim zakresie, jak to poleci dowódca armii. W korpusie, w organizacji służb specjalnych, istnieje kompanja amunicyjna sł. uzbr.: dostarcza ona personel administracyjny i strażniczy do składów, magazynów i punktów zasilających zarządzanych przez korpus. Jeżeli korpus ma działać samodzielnie, powinien być wzmocniony przynajmniej przez jedną z 3-ch kompanij amunicyjnych armii. W brygadzie artylerii korpusu istnieje tabor amunicyjny składający się z 5 bateryj amunicyjnych motorowych i taboru kwatery głównej. Te baterje amunicyjne mają razem pojemność 360 tonn. W taborze służby intend. wozi się około 150 tonn amunicji małokalibrowej i około 750 tonn amunicji artyleryjskiej. Amunicja ta jest przeznaczona nie tylko dla oddziałów samego korpusu, lecz częściowo i dla kilku dywizyj należących do tego korpusu.

W dywizji piechoty nie ma żadnych jednostek amunicyjnych służby uzbrojenia. W brygadzie artylerii dywizyjnej istnieje tabor składający się z taboru kwatery głównej, dwóch bateryj amunicyjnych motorowych i jednej baterii amun. o ciągu końskim. Ten tabor ma pojemność 180 tonn. W taborze kwatermistrza pułkowego wozi się 60 tonn naboi karabinowych.

Z powyższego podziału organizacji zaopatrywania funkcyj widać, że istnieje ciągłe pomieszanie kontroli i działalności służby uzbrojenia, służby intendentury i artylerii polowej.

Przechodzimy do rozpatrzenia działalności tej służby zaopatrzenia. Ostatnie wyjaśnienie w tym przedmiocie zawarte jest w części II instrukcji polowej dla oficerów sztabów z 1932 r.

Znajdujemy tam, że dostawa amunicji dzieli się na 2 kategorie dotyczące amunicji artyleryjskiej i amunicji broni małokalibrowej. Co do amunicji artyleryjskiej, to szef artylerii armii za pośrednictwem Oddziału G—4 armii przedstawia d-cy armii i wyznacza przydział amunicji dla artylerii korpusowej. Zawiadomienia o tym przydziale są udzielane przez szefa art. armii jednostkom artylerii w armii, a przez Oddział G—4 armii oficerom uzbr. armii i Oddziałom G—4 korpusów Ten ostatni Oddział udziela informacyj oficerowi uzbr. korpusu i szefowi art. korpusu, który dokonywa przydziału wprost dla brygad artylerii w kilku dywizjach stanowiących ten korpus (p. schemat Nr. 1).*)



Schemat Nr 1. Działalność służby zaopatrywania w amunicję artyleryjską.

Informacje o tych przydziałach przesyła szef art. korpusu Oddziałom G—4 w dywizjach. Przydział amunicji dla art. polowej dy-

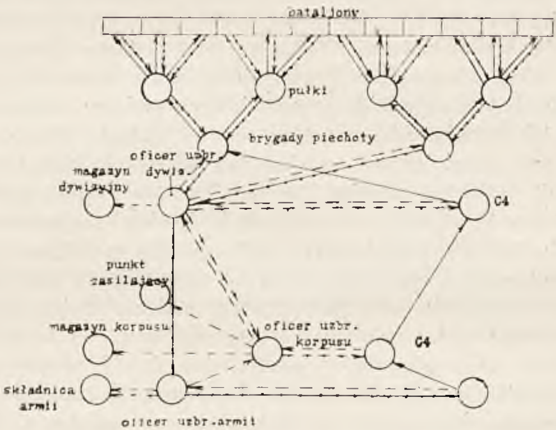
*) linie pełne — przydziały amunicji,
linie pełne z kropkami — meldunki o wydatkowaniu,
linie przerywane — informacje o przydziałach,
linie przerywane z kreskami — informacje o meldunkach.

wizyjnej uskutecznia d-ca art. dywizyjnej, w tym celu jest on zaopatrzony w odpowiedni tabor opisany poprzednio i posiada oficera sztabowego w roli oficera amunicyjnego brygady. Drogi, jakimi chodzą meldunki o wydatkowaniu amunicji oraz informacje o tym wydatkowaniu, wskazane są również na schemacie Nr. 1. Meldunki te idą wprost z brygad artylerii do szefa art. korpusu, a informacje o tych meldunkach przesyła się do Oddz. G—4 w dywizjach. Szef art. korpusu skierowuje swe raporty wprost do szefa art. armii, przesyłając jednocześnie informacje do Oddz. G—4 korpusu i do oficera uzbr. korpusu. Szef art. armii skierowuje swój meldunek do Oddz. G—4 armii, który ze swej strony informuje oficera uzbr. armii, a ten z kolei informuje składnice armii.

Te meldunki są podawane codzień i zostają złączone z oddzielnych pułków w głównych kwaterach brygad. Jako wynik tych zestawień szef art. korpusu przydziela potrzebną amunicję dywizjom. W odpowiednim punkcie zaopatrywania w amunicję (punkt zasilający korpusu, skład amunicji, stacja kolejowa), udzielane są dostawy „kredytowane" dla kilku brygad. Tabory amun. należące do tych brygad mogą wówczas pobierać amunicję z punktu zaopatrywania bez dalszych formalności, gdy zajdzie potrzeba uzupełnień. Tabor amun. dostarcza amunicję zwykle do punktów rozdzielczych na terenach dywizji lub korpusu w ilościach i rodzajach, jakie są potrzebne do skutecznego spełnienia zadania taktycznego wyznaczonego tym brygadom. Jeden punkt rozdzielczy zwykle wystarcza dla jednej brygady artylerii. Gdy zaś dywizja operuje na szerokim froncie lub gdy sieć dróg jest niedogodna, można założyć dwa lub więcej punktów rozdzielczych. Z tych punktów przewozi się amunicję na stanowiska bateryj z pomocą taboru bojowego „bataljonów" artylerii i w razie potrzeby z pomocą wozów amun. samych bateryj. Mogą zatem wozy taboru amun. brygady wozić swe ładunki wprost do bateryj, w normalnym jednak wypadku tabor bojowy tworzy ogniwo między punktem rozdzielczym a bateriami, a tabor amun. przewidziany jest do zachowania łączności między punktem rozdzielczym a zasilającym.

Nad dostawą amun. art., ale tylko do punktów zasilających, czuwa Dep. Uzbr. przez swoich oficerów, dalej podlega ona władzom jednostek liniowych; jednakże oficer uzbr. ma nadal w swoich rękach dostawę amunicji małokalibrowej. Drogi meldunków o wydatkowaniu amunicji piechoty i informacje o tych wydatkach wskazane są na

schemacie Nr. 2. Widzimy tutaj, że te meldunki są łączone przez pułki i brygady i skierowywane są do oficera uzbr. w dywizji, który z kolei kieruje je do oficera uzbr. w armii, informując o tym jednocześnie Oddz. G—4 swojej dywizji i oficera uzbr. swego korpusu. Oficer uzbr. korpusu zawiadamia o wydatkowaniu Oddz. G—4 korpusu Oficer uzbr. armii przesyła zebrane meldunki do Oddz. G—4 armii oraz zawiadamia o tym składnice amunicji. Te meldunki zajmują więcej czasu niż meldunki o wydatkowaniu amunicji artyleryjskiej. Gdy stan amunicji małokalibrowej w dywizjach wymaga uzupełnień z tyłów, oficer uzbr. w dywizji zarządza wraz z kwatermistrzem dywizji przywóz z przeznaczonego na to punktu zasilającego do miejsca



Schemat Nr. 2. Bieg meldunków o wydatkowaniu amunicji piechoty.

przeznaczenia, czyli do punktów rozdzielczych lub magazynów dywizyjnych, zależnie od sytuacji wojennej. Punkty zasilające są wskazane przez korpusy lub armię i te same władze przydzielają amunicję jak podaje schemat Nr. 2; przy czym stosowana jest odrębna całkiem metoda niż dla amun. art. Przydział ten płynie następującymi „kanałami": od Oddziału G—4 armii do Oddz. G—4 korpusu i dalej do Oddz. G—4 dywizji. Każdy z tych Oddziałów informuje swego oficera uzbr., a ci zawiadamiają zakłady amunicyjne będące pod ich kontrolą i jednostki, które będą pobierały z tych zakładów. Punkty

rozdzielcze amun. małokal. są zwykle założone w ilości jednego na każdą brygadę piechoty; z tych punktów tabory bojowe piechoty dostarczają amunicję oddziałom.

(d. c. n.)

Wojskowa Szkoła Przemysłu *(Army Industrial College*).*

Army Ordnance, r. 1928.

Ta Wojskowa Szkoła Przemysłu Wojennego w Waszyngtonie została utworzona rozkazem Ministerstwa Wojny z dnia 25 lutego 1924 r. Powstała ona dla zaradzenia w przyszłości licznym i poważnym trudnościom, z jakimi musiało walczyć Ministerstwo podczas wojny światowej w dziedzinie mobilizacji gospodarczej, uzbrojenia i zaopatrzenia wojska. Ponieważ mobilizacja gospodarcza podlega całkowicie Wiceministrowi Wojny w myśl ustawy Obrony Narodowej z r. 1920, utworzył on Przemysłowy Sztab Armii, który zajmuje się studiowaniem zagadnień przemysłowych podczas wojny oraz projektuje ich rozwiązanie wzorując się na Sztabie Głównym, który pracuje nad zagadnieniami wojskowymi. W tym Przemysłowym Sztabie Armii. zwanym również Biurem Studiów Przemysłowych, pracują oficerowie wybrani ze wszystkich działów zaopatrywania wojska. Zadaniem ich jest stworzyć wytyczne dla mobilizacji gospodarczej w najszerszym znaczeniu, wskazać na te zagadnienia, które będą wymagały zwrócenia największej uwagi podczas wojny, znaleźć dla tych trudności trafne rozwiązanie oraz ustanowić wytyczne dla polityki, którą mają prowadzić poszczególne działy zaopatrywania — krótko mówiąc jest to zapewnienie dostatecznych zapasów dla mobilizacji narodowych źródeł materiałowych na wypadek wojny. Wojskowa Szkoła Przemysłu ma właśnie służyć do wyszkolenia oficerów, którzy będą pracowali w biurach Wiceministra Wojny nad zagadnieniami mobilizacji gospodarczej.

Zadania tej szkoły są więc następujące według brzmienia rozkazu.

„.....Wyszkolenie oficerów w pożytecznych wiadomościach, dotyczących nadzoru nad wszelkiego rodzaju dostawami wojskowymi

---

*) Pomimo, że minęło już 8 lat od chwili opublikowania tego artykułu, zagadnienie wyszkolenia oficerów służb zaopatrujących jest zawsze aktualne i organizacja szkoły z 1928 r. może służyć jako podstawa dla studiów nad szkolnictwem tego rodzaju (Red.).

podczas wojny oraz zapewnienie dostatecznych zapasów dla mobilizacji materiałowej i organizacyj przemysłowych, ważnych z punktu widzenia zaspokojenia potrzeb wojennych".

Nadzór i kontrola Szkoły należą do Wiceministra Spraw Wojskowych.

Jaką rolę ma odegrać Szkoła w wyszkoleniu oficerów uzbrojenia, określa następująca opinia wyrażona przez generała C. Williamsa wówczas szefa Departamentu Uzbrojenia: „Nie wymagam od szkoły, aby sposobiła oficerów do wykonywania ich czynności w zbrojowniach należących do Departamentu Uzbrojenia — na to będzie zwrócona uwaga w ramach samego Departamentu — lecz oczekuję, że oficerowie uzbrojenia, którzy uzyskają dyplom uczelni, otrzymają tam szerszy pogląd na swe obowiązki w zakresie projektowania zaopatrzenia, czy to w moim biurze, czy też w okręgach zaopatrzenia, aniżeli by mogli uzyskać gdziekolwiek indziej".

Kurs trwa jeden rok akademicki i posiada jako słuchaczy 40 oficerów, należących do różnych służb zaopatrzeniowych i do różnych broni. Podział jest następujący:

Korpus Intendentów — 9, Departament Uzbrojenia — 9, Lotnictwo — 6, inne rodzaje zaopatrzenia — po jednym.

Ciało nauczycielskie uczelni składa się z dyrektora, zastępcy dyrektora, oficera do zleceń i siedmiu wykładowców. Większość z nich pracuje jednocześnie w Biurze Studiów Przemysłowych Wiceministra Wojny, co zapewnia najlepiej konieczne współdziałanie Ministerstwa ze Szkołą.

Czas trwania kursu został w roku szkolnym 1927-1928 przedłużony do pełnego roku akademickiego, t. zn. do 10 miesięcy. Program nauki przewiduje w pierwszych tygodniach systematyczne zapoznanie się słuchaczy z czynnościami związanymi z zaopatrywaniem w zakresie poszczególnych służb. W ten sposób słuchacze zapoznają się z ważnością działów zaopatrywania w ogólnym schemacie dostaw wojennych i uświadamiają sobie, że Wiceminister Wojny jest tylko czynnikiem kontrolującym i koordynującym, a czynnikami działającymi są służby zaopatrywania.

Po krótkiej analizie zagadnień związanych z pisaniem sprawozdań, słuchacze przechodzą do głównego przedmiotu, jakim jest zaopatrywanie podczas wojny. Słuchacze otrzymują przegląd przemysłowy historii wojny światowej, przy czym zostają uwzględnione główne trudności, z jakimi musiało walczyć zaopatrzenie wojsk

oraz sposoby i środki stosowane przy ich pokonywaniu. Przy tej sposobności podkreśla się fakt, że nowa wojna przyniesie zupełnie inne warunki pracy przemysłowej niż wojna światowa, co powinno być ostrzeżeniem dla słuchaczów przed zbytnim uzależnianiem się w swych pracach od faktów i wniosków obecnie już historycznych. Po określeniu i zanalizowaniu poszczególnych czynników, które mogą wywołać zamieszanie w zaopatrywaniu wojennym i po rozbiciu ogólnego zagadnienia zaopatrywania na poszczególne działy — następuje nauka organizacji zaopatrywania. Przede wszystkim studiuje się zasady organizacji i kierownictwa uznane za korzystne przez wielkie towarzystwa przemysłowe i świat handlowy, po czym omawia się organizację Ministerstwa Wojny, podstawową dla projektowania zaopatrywania oraz zaopatrywanie wojenne. Przy studiowaniu organizacji zaopatrywania Ministerstwa Wojny zwraca się szczególną uwagę na wszelkie jego słabe strony oraz na zasady właściwego załatwiania tranzakcyj handlowych i przemysłowych. Studium to obejmuje badanie wszystkich czynników wchodzących w skład zaopatrywania i podkreśla te, które grają rolę w zapewnieniu dostaw amunicji.

Następnie omawia się na 5-tygodniowym kursie pewne zasadnicze wiadomości z zakresu techniki handlowej, opierając się na programie nauk Wyższej Szkoły Handlowej w Harvard. Zaznajamianie się z terminologią, zagadnieniami i metodami handlowymi odbywa się drogą zleconych wykładów i dyskusyj. Wykłady te, nie mogąc objąć całego materiału, wprowadzają słuchaczy w literaturę, która daje im możność dalszego samokształcenia. Po tych wykładach handlowo-ekonomicznych daje się słuchaczom krótki przegląd zagadnień związanych z bieżącym zaopatrywaniem Ministerstwa Wojny dla zorientowania ich w bieżących czynnościach biura Ministerstwa Wojny i działach zaopatrywania.

Po przejściu wyżej wymienionych przedmiotów i zapoznaniu się z poszczególnymi zagadnieniami, które dają oficerom podstawę do studiów szczegółowych, poświęca się resztę czasu badaniom zagadnień poruszonych w poprzednich wykładach oraz usiłuje się znaleźć odpowiednie rowiązania, któreby umożliwiły opracowanie właściwego planu zaopatrywania.

Wykłady prowadzą oficerowie Biura Studiów Wojskowych działów zaopatrywania, Sztabu Głównego i fachowcy innych Ministerstw oraz ludzie zajmujący kierownicze stanowiska w przemyśle.

Poza tym Szkoła utrzymuje stały kontakt z Wyższą Szkołą Handlowo - Administracyjną w Harvard, zwłaszcza z Wydziałem Statystycznym, z Urzędem Handlu Zagranicznego i Wewnętrznego, z Urzędem Normalizacyjnym i z Ministerstwem Pracy. Łączność ta ma za zadanie wykazać korzyści wynikające ze współpracy z powyższymi urzędami i instytucjami.

Bardzo ważnym czynnikiem pomocniczym jest biblioteka Biura Studiów Przemysłowych, która zawiera obfity zbiór wspomnień z wojny światowej oraz ważniejsze publikacje krajowe i zagraniczne z dziedziny mobilizacji przemysłowej. Obejmuje ona również dzieła przemysłowe i handlowe, jako należące do dziedzin z nią bezpośrednio związanych.

Zadaniem Szkoły jest przede wszystkim praktyczne rozwiązywanie zagadnień drogą opracowań indywidualnych lub zbiorowych. Na opracowanie przydzielonego tematu daje się 1 do 3 tygodni czasu. Rozwiązania są przedstawiane do dyskusji wszystkim słuchaczom kursu, krytykowane przez wykładowców oraz dokładnie rozważane przez Biuro Studiów Przemysłowych, które wydaje Szkole pisemną opinię o nadesłanych pracach.

Z. M.

Zaopatrzenie wojska angielskiego w sprzęt uzbrojenia w okresie 1914-18 oraz zużycie przezeń amunicji w tymże okresie*).

1. Rozbudowa stanów liczebnych i zwiększenie ilości sprzętu art.

W 1914 r. regularne wojsko angielskie liczyło 247.500 ludzi w czym 53.300 artylerzystów, w listopadzie 1918 — 5.390.000 ludzi (w czym artylerzystów 550.000); w tymże okresie korpus uzbrojenia wzrósł z 6760 ludzi (251 oficerów, 4239 pracowników cywilnych, 2270 szeregowych) do 79150 (2130 oficerów, 39680 pracowników cywilnych, 37320 szeregowych).

Tak wielkiej rozbudowie stanów liczebnych musiał towarzyszyć wzrost ilości sprzętu uzbrojenia. Otóż w sierpniu 1914 wojsko an-

---

*) Wiadomości te uzupełniają dane o zużyciu amunicji w wojsku rosyjskim, niemieckim i francuskim, umieszczane na łamach naszego pisma (Red.).

gielskie miało we Francji ogółem 486 dział (354 armat lekkich, 108 lekkich haubic oraz 24 armat ciężkich); w 4 miesiące później rozporządza ono w polu 882 działami (701 armat i 108 haubic lekkich oraz 48 armat i 25 haubic ciężkich); na 1-go lipca 1915 we Francji wojsko angielskie posiada 1529 dział (1159 armat i 164 haubic lekkich oraz 96 armat i 110 haubic ciężkich), a na innych teatrach wojny — 254 działa (w czem 132-18 ft [1]); w styczniu 1916 ilość sprzętu w polu wzrosła do 2716 dział (2013 armat lekkich i 420 haubic lekkich oraz 100 armat i 183 haubice ciężkie) we Francji i 753 dział (w czym 497-18 ft), na innych teatrach; w styczniu 1917 było w polu we Francji 5007 dział (5302 armaty i 816 haubic lekkich oraz 131 armat i 758 haubic ciężkich), a na innych teatrach — 720 dział (w czym 458-18 ft); wreszcie na początku 1918 było w polu we Francji 5931 działo (3665 armat i 886 haubic lekkich oraz 90 armat i 1290 haubic ciężkich, a na innych teatrach — 1726 dział (w czym 933-18 ft).

Ponieważ siły ekspedycyjne w 1914 r. liczyły 6 dywizyj piechoty (i 2 dywizje kawalerii), a w końcu 1918 r. (we Francji) 61 dywizję piechoty (i 3 dywizje kawalerii), przeto w okresie tym wzrosłv one dziesięciokrotnie, natomiast ilość sprzętu wzrosła dwunastokrotnie, przy tym w 1914 siły ekspedycyjne miały tylko 24 sztuki sprzętu ciężkiego, były to 60 ft [2]) armaty, a zakończyły wojnę z 2180 ciężkimi działami.

2. *Produkcja sprzętu uzbrojenia i amunicji.*

W sierpniu 1914 r. wojsko angielskie miało ogółem (bez sprzętu fortecznego, Indyj i dominjów) 1959 dział (kalibru 2,75" do 6" włącznie); siłom ekspedycyjnym dano 25% tej ilości. W końcu 1915 ilość sprzętu sił ekspedycyjnych w polu przekroczyła już ilość dział rozporządzalnych w 1914, a to dzięki wzmożonej produkcji. Wprawdzie w ciągu 5 ostatnich miesięcy 1914 zbudowano ogółem 276 dział (w czym naprawy stanowią 67%), lecz w 1915 zbudowano 3846 dział (naprawy 10,25%), w 1916 r. ilość ta wzrosła do 5764 dział (naprawy 13%), w 1917 przemysł daje już 10038 dział (naprawy 29,4%), a w roku 1918 — 15766 dział (naprawy 31%). Ogółem więc w ciągu wojny przemysł dał 35.690 dział (naprawy 25,7%). Z tej ilości dostar-

---

[1]) armata 18 ft ma kaliber 83,8 mm.

[2]) armata 60 ft ma kaliber 127 mm.

czono Stanom Zjednoczonym 1396 dział (3,9%) i pozostałym sprzymierzeńcom 1175 dział (3,3%).

Otrzymawszy do wykonania zadanie zaopatrzenia wojska w sprzęt, przemysł miał do pokonania nie tylko trudności ilościowe, lecz i jakościowe; ostatnie, nawet po odrzuceniu trudności nieuniknionych przy przystępowaniu do produkcji w nowej dziedzinie, powstały dlatego, że trzeba było budować sprzęt nowych wzorów (zagadnienie bardzo trudne nawet dla tęgich fachowców). Wojsko angielskie rozpoczęło wojnę z działami 4 kalibrów 3" do 5" [3]), a skończyło z działami 15 kalibrów 2,75" do 15" (niektóre kalibry obejmowały po kilka rodzajów sprzętu: np. armat 13 ft (7,62") było dwa rodzaje, 6" armat — dwa rodzaje, 8" haubic — dwa rodzaje 9,2" haubic — dwa rodzaje, 9,2" armat — 5 rodzai, 12" haubic — 5 rodzai). Niewątpliwie mozaika ta była w dużej mierze spowodowana warunkami pracy podczas wojny wykluczającymi spokojne rozważanie potrzeb, a więc i spokojne przemyślenie rozwiązania zagadnienia zaspokojenia tych potrzeb; jednak nawet biorąc pod uwagę i tę okoliczność nie można odmówić przemysłowi sprawności, świadczącej o dużej kulturze technicznej, będącej niezbędnym warunkiem szybkiego zorientowania się w splocie nowych zagadnień technicznych.

Z wyżej przytoczonych liczb, tyczących się produkcji dział, wynika, że produkowano (łącznie z naprawami) miesięcznie w 1914 r. 55 dział, w 1915 — 320, w 1916 —480, w 1917 — 837, a w 1918 — 1500 dział, czyli 27 razy więcej niż w 1914.

Rozbudowa produkcji umożliwiła nietylko zaopatrzenie miljonowych wojsk w sprzęt, lecz i utworzenie rezerwy wynoszącej na listopad 1918 — 3001 działo, czyli 935% rezerwy z sierpnia 1914 i 39% sprzętu będącego w oddziałach w polu.

Zwiększeniu produkcji sprzętu musiał towarzyszyć rozwój produkcji amunicji, gdyż w przeciwnym razie sprzęt staje się zbędny.

W ciągu 5 miesięcy 1914 r. wyprodukowano 526.000 pocisków (350.000 — 18 ft), w 1915 — 7.330.000 (5.200.000 — 18 ft), w 1916 — 53.000.000 (34.000.000 — 18 ft), w 1917 — 87.670.000 (48.000.000 — 18 ft) i w ciągu 10 miesięcy 1918 r. 69.800.000 (32.700.000 — 18 ft); ogółem wyprodukowano 218.300.000 (120.250.000 — 18 ft). Miesięcz-

---

[3]) Działa tych 4 kalibrów stanowiły sprzęt sił ekspedycyjnych w polu w 1914 r. Na uzbrojeniu wojska w Metropolji (bez sprzętu fortecznego) było jeszcze o 5 kalibrów więcej.

nie daje to od 105.000 (w 1914 r.), do 6.980.000 (w 1918 r.). Miarą wysiłku jest fakt, że pokojowa zdolność produkcyjna określała się liczbą 10.000 strzałów 18 ft. miesięcznie (ilość tę osiągnięto w sierpniu 1914 r.); stanowi to 70% d z i e n n e j produkcji tych pocisków w 1915 i zaledwie 10,7% d z i e n n e j produkcji w 1916 r. Wysiłek ten, przynajmniej na początku wojny, nie sprostał zapotrzebowaniu, gdyż zarówno gen. French jak i gen. Joffre żądali 17 strzałów na działo dziennie, a wyprodukowano około 8.000.000 w ciągu 17-tu miesięcy, czyli 15.700 dziennie, a więc na 1 działo tylko 6 strzałów dziennie (przyjmując stan dział w końcu 1915). Należy tutaj zaznaczyć, że terminowe wykonanie przez przemysł przyjętych zamówień pozwoliłoby na przekroczenie żądanej przez wodzów normy. Pomijając już trudności ilościowe należy jeszcze raz podkreślić wielkie trudności jakościowe, które przyczyniły się znacznie do dużego obciążenia przemysłu, który wyrabiał jeszcze i inny sprzęt uzbrojenia jak moździerze piechoty, karabiny maszynowe i powtarzalne, czołgi tudzież ich amunicję.

W 1914 r. (od sierpnia do końca grudnia włącznie) zbudowano 12 moździerzy piechoty, w 1915 — 976, w 1916 — 5.554, w 1917 — 6.194 i w 1918 — 6.360. Miotacze te miały kalibry 1,57" do 9,45" (ogółem było ich 7 rodzai, jeżeli chodzi o kalibry), najpopularniejszy był Stokes 3,2".

Ogółem w ciągu całej wojny zbudowano 19.096 moździeży; w czym 12.364 Stokes'a 3" i 4". W 1915 d z i e n n i e budowano — — 3 moździerze, w 1916 — 15 (czyli 125% produkcji 1914), w 1917 — 17, a w 1918 — 21.

Karabinów maszynowych zbudowano ogółem 239.840 (w tym 71.355 Vickersa, 133.104 Lewisa i 35.381 Hotchkissa). Z tej ilości na produkcję 5 miesięcy 1914 przypada 274, na 1915 — 6.064, 1916 — 33.200, 1917 — 79.438 i 1918 — 120.864. W okresie wojny produkcja d z i e n n a wzrosła z 1,8 k. m. w 1914 do 400 k. m. w 1918.

Karabinów powtarzalnych wyprodukowano ogółem 5.090.442 (z czego 1.117.850 ze Stanów Zjednoczonych A. P., które zastosowały 95% zamienności części i mimo to przeciętnie dziennie montowały na 1 robotnika 250 kb, a maksimum 280 kb). Produkcja krajowa dała więc około 4.000.000 kb, czyli przeciętnie miesięcznie 76.000 (dla 1914 przeciętna miesięczna wynosi 24.000, a dla 1918 — 106.000).

Granatów ręcznych i karabinowych wszelkich rodzai wyprodukowano ogółem 100.100.000 sztuk, z czego na 1914 przypada 2.152,

na 1915 — 12.280.000, 1916 — 34.870.000, 1917 — 29.200.000 i na 1918— 24.000.000. Amunicji do moździerzy piechoty wyprodukowano ogółem 16.994.315 sztuk (w czym 12.500.000 lekkiej), z tej ilości na 1914 przypada 545 min, na 1915 — 352.882, 1916 — 6.493.555, 1917 — 5.669.619 i 1918 — 4.477.714.

Materiałów wybuchowych wyprodukowano w okresie 1915 — 18 (za 1914 i 3 pierwsze kwoartały 1915 brak urzędowych danych) 1.035.000 tonn (z czego na materiały miotające przypada 40%, na kruszące 60%). Z ilości tej na ostatni kwartał 1915 przypada 25.000 tonn, na 1916 — 211.000, 1917 — 464.000 i na 1918 — 335.000 tonn.

Czołgi rozpoczęto budować w drugiej połowie 1916, zbudowano wtedy 150 wozów, w 1917 — 1.277 i w 1918 — 1.391, ogółem 2.818 wozów. Przeciętna miesięczna waha się od 25 wozów w 1916 do 139 w 1918.

Przytoczone wyżej liczby wskazują na wzrost produkcji zarówno pod względem ilości jak i szybkości wykonania. W porównaniu ze stanem z 1914 określają one wysiłek wykonany celem sprostania zapotrzebowaniu, charakteryzują więc zdolności przemysłu do rozbudowy, a co za tym idzie i możliwości czysto militarnej natury będące przecież funkcją przemysłu (techniki), a szerzej — funkcją możliwości gospodarczych.

3. *Zużycie amunicji działowej i do moździerzy.*

Angielskie siły ekspedycyjne wyszły w 1914 r. w pole mając następujące ilości strzałów:

na 1 armatę 13 ft	(76,2 mm)	— 1.900
na 1 armatę 18 ft	(83,8 mm)	— 1.500
na 1 armatę 60 ft	(127 mm)	— 1.000
na 1 haubicę 4,5″		— 1.200.

Ilości te po przeliczeniu dają ogółem 696.000 strzałów.

W końcu 6 miesięcy przewidziano jeszcze po 500 strzałów na armatę i 400 na haubicę. Na 15.V.1915 przemysł miał dostarczyć 481.500 strzałów 18 ft, a dostarczył 52.400 (10,7%).

Ilości te okazały się nie wystarczające, gdyż do 1.XI.1914 oddano 385.000 strzałów 18 ft, czyli 1.190 strzałów na armatę w ciągu 3 miesięcy, a więc — 400 strzałów na armatę na miesiąc; ponieważ

w ciągu tego czasu wypuszczono 65.000 strzałów 18 ft, przeto bilans tego okresu przedstawia się następująco: rozporządzano w chwili rozpoczęcia działań 486.000 pocisków 18 ft, a więc łącznie z produkcją trzymiesięczną 551.000 pocisków 18 ft, po uwzględnieniu amunicji zużytej (385.000), pozostaje do rozporządzenia ogółem 166.000 strzałów 18 ft, czyli 510 strzałów na 1 armatę. Pomimo więc trzykrotnego (w stosunku do przeciętnej przedwojennej), zwiększenia produkcji w sierpniu i wrześniu oraz piętnastokrotnego w październiku, otrzymano strzałów na armatę 18 ft 3 razy mniej niż na początku wojny.

W ciągu 6 pierwszych miesięcy wojny oddano 1.000.000 strzałów, a w ciągu następnych 3 miesięcy około tego, przy czym na okres jednego miesiąca (15 kwiecień — 15 maj) 1915 przypada 610.000 strzałów, t. j. 20.000 strzałów dziennie.

Po wielu trudnościach zdołano w 1915 uzyskać następujące ilości strzałów na 1 działo (we Francji).

	13 ft	*18 ft*	*60 ft*	*4,5" hb*[4])
Styczeń	769	609	770	274
Luty	588	693	456	292
Marzec	910	744	537	412
Kwiecień	745	722	654	409
Maj	497	628	739	242

Stanowi to około 600.000 strzałów dla wszystkich dział wymienionych kalibrów, pomimo wyprodukowania w tym okresie około 2.000.000 pocisków. Znów więc obserwujemy zjawisko obniżenia się ilości strzałów na działo w porównaniu z sierpniem 1914. Jest to okres kryzysu, okres gwałtownego opróżniania kolumn amunicyjnych i składów. W roku 1916 następuje poprawa i w czasie ofensywy nad Sommą (lipiec 1916), zapasy amunicji wynoszą 7.600.00 strzałów (z czego we Francji 6.500.000 i w Metropolii 1.100.000), — z tej ilości 6.000.000 przypada na amunicję 18 ft, a więc stanowi 104% produkcji całego 1915. Przed wiosenną ofensywą 1918 zapasy te będą stanowiły około 28.000.000 strzałów, t. j. 380% całorocznej produkcji 1915, a 12,8% wyprodukowanej podczas całej wojny amunicji działowej.

---

[4]) Innych kalibrów, będących już na uzbrojeniu oddziałów w polu, nie przytaczam, ponieważ dane zamieszczone służą do porównania z danymi z poprzedniego okresu.

W styczniowym tygodniu 1916 dano 107.000 strzałów (w czym 74.000 — 18 ft), w 1917 — 510.000 (271.000 — 18 ft), zimą 1918 — 261.000 (122.000 — 18 ft), latem 1918 — 1.536.000 (1.010.000 — 18 ft), a w ostatnim tygodniu wojny — 1.112.000 (714.000 — 18 ft); minimalne zużycie tygodniowe stanowiło 83.000, a maksimalne 3.500.000, na ostatni dzień tego tygodnia przypada 944.000 strzałów, t. j. dzienne maksimum dla całej wojny. (29.IX.18 r.).

Podczas I bitwy nad Sommą dano w ciągu pierwszych 24 dni — 4.500.000 strzałów (około 190.000 strzałów dziennie), a pod Arras (wiosna 1917) w ciągu takiegoż okresu — 6.466.000 (270.000 strzałów dziennie). Liczby te stanowią dolną granicę dla bitwy nad Sommą i górną dla Arras, w ciągu bowiem pierwszych 14 dni Sommy dano 3.500.000 strzałów (250.000 dziennie), a przeciętna dla całej bitwy pod Arras (38 dni) wynosi 110.000 strzałów dziennie. Pod Messines (czerwiec 1917) w ciągu 8 dni dano 3.260.000 strzałów (400.000 dziennie); podczas 3-ej bitwy pod Ypres (lipiec—październik 1917) w ciągu 70 dni dano 20.000.000 strzałów (290.000 strzałów dziennie) i w ofensywie jesiennej 1918 (sierpień—październik) dawano w ciągu 71 dni po 314.000 strzałów dziennie.

W ciągu całej wojny artyleria angielska we Francji oddała 170.000.000 strzałów (z czego 100.000.000 — 18 ft), daje to dla całej wojny dzienną przeciętną 110.000 strzałów (65.000 — 18 ft); za granicę dolną można przyjąć 7.400 strzałów dziennie (t. j. przeciętna dla pierwszych 9 miesięcy wojny), a jako granicę górną — wspomniane już 944.000.

Co się tyczy zużycia afunicji działowej na 1 milę (około 1610 m) frontu w okresie wytężonych walk, to nad Sommą przypada 39.000 strzałów, pod Arras 48.000 strzałów, pod Messines 36.000 strzałów, w ofensywie jesiennej 1918 — 270.000 strzałów (w końcowym okresie tej ofensywy na 1 milę frontu przypada 32.000 strzałów).

Z liczb podanych w rozdziale I niniejszej pracy wynika, że przeciętna roczna, w okresie 1915—1918, wynosiła 3.600 (2.000—18 ft) dział w polu. Odejmując od zużytej amunicji ilość wystrzelaną w 1914 r. otrzymamy 169.000.000 (99.500.000) strzałów danych w okresie 1915 — 18, czyli na 1 działo (1 armatę 18 ft) wypadało 47.000 (49.000) strzałów, a więc rocznie 11.800 (12.250). Wynika z tego, że życie armaty polowej nie trwało dłużej niż rok, działa cięższego 6 — 8 miesięcy, t. zn. że w ciągu tego okresu trzeba było czterokrotnie zmieniać sprzęt 18 ft, a cięższy 8 — 6-krotnie, jedynie tylko wskutek

zużycia się luf od strzelania. Są to wnioski oparte na wielkościach przeciętnych; wracając do wymienionych już danych, tyczących się bitwy pod Sommą i pod Arras, widzimy, iż w ciągu wspomnianych 24 dni dano podczas pierwszej z nich 2.180 strzałów na działo, a w ciągu drugiej 1.850 strzałów na działo, co stanowi 18,5% lub 15,7% przeciętnego rocznego zużycia amunicji na działo; tę ilość rozchodowano w 6,6% czasu (24 dni stanowi 6,6% roku).

Na froncie francuskim artyleria brytyjska zużyła: 25.000.000 pocisków 4,5"hb, 22.000.000 — 6" hb i 10.000.000 — 60 ft; przeciętna ilość tego sprzętu stanowiła 380, 40 i 160 sztuk, a więc dziennie dawał on strzałów — 42 z 4,5"hb, 400 z 6" hb i 41 z 60 ft armat; są to oczywiście liczby przeciętne, maksimum dzienne wynosi dla 4,5" hb — 180 strzałów i dla 6" hb — 1.500 strzałów.

Jeżeli chodzi o amunicję moździerzy, to w ciągu wojny zużyto jej 11.000.000 sztuk (w tem 7.800.000 — 3" Stokes), czyli miesięcznie 240.000 (170.000). Ponieważ moździerzy było w polu przeciętnie 1.700 (1.100 — 3" i 4" Stokes), przeto dawały one dziennie po 5 strzałów na 1 moździerz.

Przeciętna ilość moździerzy stanowiła około 50% przeciętnej ilości dział, natomiast min wystrzelono w ilości równej 6,5% ilości wystrzelonej amunicji działowej.

4. *Uwagi o ilości dział na dywizję piechoty i o zużyciu amunicji.*

W sierpniu 1914 wojsko angielskie we Francji miało na 1 dywizję piechoty 72 działa lekkie i 4 ciężkie, w czerwcu 1918 — 74 działa lekkie i 36 ciężkich, a w chwili zawieszenia broni 68 dział lekkich i 36 ciężkich. W listopadzie 1918 we Francji na francuską dywizję piechoty przypadało 54 działa lekkie i 60 ciężkich, na dywizję piechoty wojska Stanów Zjednoczonych A. P. 59 i 9, włoską 40 i 10, belgijską 74 i 50, niemiecką 53 i 30 oraz austriacką 70 i 47. Przeciętnie na 1 dywizję piechoty na zachodnim froncie przypadało 62 działa lekkie i 35 ciężkich.

Na froncie włoskim Włosi mieli na 1 dywizję piechoty 70 dział lekkich i 56 ciężkich, Anglicy 48 i 35, Francuzi 48 i 46, Austriacy 72 i 32. (i Niemcy w Tyrolu austriackim 3 i 6). Był to front główny dla Włochów i Austriaków, dla pozostałych walczących miał on znacznie drugorzędne, więc też oszczędnie szafowali oni tam swą artylerią, dając na dywizję znacznie mniej sprzętu (wyjątek stanowi do-

tacja brytyjskiej artylerii ciężkiej). Przeciętna dla dywizji frontu włoskiego wynosi 60 dział lekkich i 42 ciężkie.

Co się tyczy frontów pozostałych, to ilość sprzętu na dywizję znacznie spada, nie ze względu na małe znaczenie tych frontów (dla Wielkiej Brytanii fronty bałkański, palestyński i mezopotamski miały znaczenie większe niż front francuski), lecz z powodu trudności przewozowych. Na Bałkanach na dywizję piechoty Anglicy mieli 66 dział lekkich i 22 ciężkie, w Palestynie (łącznie z Hedżasem) 43 i 15, w Mezopotamii 48 i 8. Turcy mieli na dywizję piechoty w Mezopotamii 47 i 9. w Palestynie z Hedżasem 26 i 2, na Kaukazie i w Azerbejdżanie 19 i 4; na tym froncie Rosjanie mieli 31 i 5. Przeciętna dla dywizji frontu palestyńskiego wynosi 35 dział lekkich i 8 ciężkich, a dla frontu mezopotamskiego 48 i 9.

Liczby te mają względną wartość, gdyż w Palestynie (z Hedżasem) Anglicy mieli 342 działa lekkie i 94 ciężkich, a Turcy 395 i 34, w Mezopotamii Anglicy mieli 270 i 40, natomiast Turcy tylko 94 i 18; na Kaukazie i w Azerbejdżanie artyleria turecka liczyła 192 działa lekkie i 36 ciężkich, natomiast rosyjska 476 lekkich i 64 ciężkich. Na froncie zachodnim aljanci mieli 12.684 działa lekkie i 8.984 ciężkie, a Niemcy i Austriacy 10.322 lekkie i 5.859 ciężkich. Na froncie włoskim alianci mieli 3.945 dział lekkich i 3.136 ciężkich, a Austriacy i Niemcy 3.992 lekkich oraz 1.770 ciężkich. Na Bałkanach (łącznie z Albanią) alianci mieli dwukrotną przewagę, gdyż posiadali 1.471 dział lekkich i 412 ciężkich przeciwko niemiecko-austriackim 706 lekkim i 182 ciężkim. W Palestynie alianci mieli 344 działa lekkie i 94 ciężkie, a Turcy, Niemcy i Austriacy 469 lekkich oraz 54 ciężkie.

Biorąc za podstawę warunki na poszczególnych frontach należy dojść do wniosku, że wyposażenie przeciętnej dywizji różniło się znacznie.

Różnice te występują jeszcze jaskrawiej, o ile uwzględnimy zużycie amunicji działowej, której wysłano do Francji ogółem 187.000.000 sztuk (z tej ilości 700.000 zwrócono z powodu wad), natomiast do Salonik, Egiptu i Mezopotamii wysłano 8.500.000 sztuk, a do Włoch 1.100.000. Na francuskim froncie zużyto 170.000.000 sztuk, czyli 91% ilości przysłanej z Metropolii.

Po uwzględnieniu okresu, w ciągu którego zużyto wysłaną amunicję, otrzymujemy dla Bałkanów 6.800 na działo i rok, Mezopotamii 6.000 i Egiptu (Palestyny, Hedżasu, Syrji) 8.400 oraz dla Włoch 4.000. Daje to na dywizję rocznie na froncie włoskim 400.000 strza-

łów, bałkańskim 600.000, palestyńskim 360.000 — 490.000, mezopotamskim 340.000. Dla porównania zaznaczę, że na froncie francuskim na przeciętną dywizję przypadało około 1.200.000 strzałów, tudzież że autorzy sowieccy przewidują „w warunkach frontu wschodniego w przyszłej wojnie 5 do 6.000 pocisków na działo na pierwszy rok wojny" czyli około 200.000 — 240.000 strzałów z dział polowych artylerii dywizyjnej („Z rozważań nad przyszłą wojną". — *Przegląd Wojskowy*, zeszyt 17/198, str. 16 i 17).

Dość charakterystyczne są dane tyczące się zużycia amunicji w Afryce Wschodniej, do której dla 5 dział wysłano 78.000 pocisków, czyli 15.600 sztuk na działo, a więc około 4.000 na działo rocznie. Z tych 5 dział 2 armaty 2,75" otrzymały 25.000 pocisków, czyli po 12.500 na 1 armatę. Biorąc za podstawę 90% zużycia dostarczonych zasobów należy przyjąć, że z 78.000 zużyto 70.000, a więc około 5.000 na działo rocznie, dla armaty 2,75" zużycie całkowite wyniesie 11.200 sztuk, czyli rocznie 3.000 — 4.000 sztuk. Wojna w Afryce Wschodniej była jednak wojną manewrową, wojną słabych sił na wielkich obszarach.

Inż. *St. Kochanowski.*

Olbrzymie zużycie amunicji współczesnej broni samoczynnej — pplk. Reboul.

(*LA SCIENCE ET LA VIE*, r. 1933, kwiecień).

Wiadomo wszystkim, że francuskie zapasy amunicji artyleryjskiej w r. 1914 były niedostateczne i że właśnie brak zaopatrzenia w amunicję przeszkodził nam wyzyskać zwycięstwo nad Marną w taki sposób, jaki był możliwy. Jest rzeczą mniej znaną, że nasza sytuacja pod względem amunicji piechoty — naboje kb. i k. m. — była również często bardzo ciężka i że w licznych wypadkach nie byliśmy w możności zaspokoić kategorycznych i pilnych zapotrzebowań piechoty. Jednakże wydaje mi się, że nauka, jaką dały nam te wypadki, została dzisiaj zapomniana, ponieważ zapasy nabojów, którymi obecnie rozporządzamy, są znacznie mniejsze niż zapasy z r. 1914. A należy przecież, na wypadek ewentualnego konfliktu, liczyć się ze znacznie większym zużyciem amunicji niż w ostatniej wojnie. Niektórzy specjaliści armij obcych obliczają je obecnie jako dziesięciokrotnie większe.

Nikt nie zapomniał trudności, których zaznaliśmy w ostatniej wojnie przy dostarczaniu naszym armiom w polu koniecznego sprzętu i amunicji w czasie odpowiednim. Bardziej szczegółowo znana jest ta sprawa, jeśli idzie o artylerię. Jednakże zagadnienia związane z uzbrojeniem i zaopatrzeniem w amunicję naszej piechoty nie były mniej zatrważające.

Zasady przedwojenne. Od chwili pierwszych walk wszystkie przewidywania przedwojenne zostały przez wypadki unieważnione. Tak przypuszczaliśmy, że:

— istniejący zapas broni ręcznej pozwoli zaspokoić wszystkie potrzeby oddziałów znajdujących się w polu. Nasz przemysł wojenny zadowolił się przygotowaniem produkcji poszczególnych części kb., w sposób pozwalający na dokonanie wszystkich napraw;

— istniejący zapas amunicji powinien był pozwolić osiągnąć początek trzeciego miesiąca wojny, w którym to terminie będą, jak przypuszczano, zakończone wszystkie wielkie walki. Aby jednak uzupełnić szybko zaopatrzenie, wydano zarządzenia, aby wytwórnie amunicji mogły wznowić swą produkcję z chwilą mobilizacji.

Te środki ostrożności jednak zawiodły.

Podajemy tutaj tylko kilka liczb odnoszących się do zapotrzebowania i do produkcji broni ręcznej podczas wojny światowej, ponieważ chcemy zwrócić specjalną uwagę na potrzebę bezwzględnie ważniejszą, jaką stanowi dla wojska rozporządzanie w każdej chwili wielkimi zapasami nabojów.

Francuska produkcja broni w czasie wojny. W chwili wypowiedzenia wojny, w sierpniu 1914 r. posiadaliśmy jako broń piechoty:

2,880,000 kb. wz. 1886,
220,000 kbk. kawaleryjskich,
380,000 sztucery dla obsługi artyleryjskiej.

Wszystkie z magazynkami.

Karabiny z ładownikami, t. zw. indochińskie, były w produkcji. Wszystkie te rodzaje broni strzelały tym samym pociskiem.

Rezerwa broni 8 mm wynosiła 10 sierpnia 1914 r., 200,000 kb. Kto mógł w tych warunkach przypuszczać, że będziemy musieli produkować nowe? Nasze straty podczas odwrotu armij w sierpniu i wrześniu były tak znaczne, że od listopada 1914 r. musiała zostać

ograniczona na froncie ilość ludzi zaopatrzonych w broń ręczną, że część naszych oddziałów terytorialnych musiała zostać uzbrojona w stare kb. 11 mm, które przerobiono na pociski 8 mm, jednocześnie kupowaliśmy broń zagranicą oraz organizowaliśmy w największym pośpiechu olbrzymią produkcję. Wytwórczość została do tego stopnia podniesiona, że osiągnęła od 1914 r. do zawieszenia broni (listopad 1918 r.):

220,000 kb. wz. 1886 i wz. 1893,
480,000 sztucerów wz. 1892,
50,000 kbk.,
2.113,000 kb. wz. 1907—1918 (t. zw. indochińskie),
80,000 kb. wz. 1917 (półsamoczynne),

Razem 2.943,000.

To znaczy, że liczba ta odpowiada z różnicą około 500,000 uzbrojeniu w chwili mobilizacji i bylibyśmy ją jeszcze przekroczyli, gdybyśmy nie byli produkowali w bardzo dużych ilościach broń samoczynną o wielkiej wydajności. W rezultacie, ponieważ w sierpniu 1914 r. rozporządzaliśmy tylko:

4,800 k. m. Saint-Etienne i
300 k. m. Hotchkissa,

wyprodukowaliśmy podczas wojny:

40.000 k. m. Saint-Etienne,
48.000 k. m. Hotchkissa,
2.000 k. m. Vickersa,
4.500 k. m. Lewisa

i zakupiliśmy

10.000 Vickersów w Anglii,
7.000 Lewisów w Anglii,
1.000 Coltów w St. Zj. Am. Płn.

Ostatecznie wyprodukowaliśmy w tych czterech latach: 112.500 k. m., podczas gdy w sierpniu 1914 rozporządzaliśmy tylko 5,100. Do tej liczby 112,500 k. m. należy jeszcze dodać 225,000 ręcznych k.m.

Jesteśmy zatem dalecy od przewidywań przedwojennych w stosunku do broni palnej piechoty.

Francuska produkcja amunicji podczas wojny.

1. *Przyczyny względnie małego zużycia.*

Liczby zużycia amunicji mogą wydawać się mniej nadzwyczajnymi, pomimo że są one niezwykłe, lecz należy zdać sobie przede wszystkim sprawę z następujących okoliczności:

Podczas całego okresu wojny pozycyjnej piechota strzelała stosunkowo rzadko, ponieważ pociski były zupełnie nieskuteczne przeciw nieprzyjacielowi zakopanemu w ziemię.

W okresie wznowienia ofensywy (koniec sierpnia 1918 — listopad 1918) posiadaliśmy nad n-plem tak znaczną przewagę artyleryjską, że prawie zawsze nasza piechota szła naprzód tylko po długim i dokładnym przygotowaniu ogniowym wspierających ją baleryj. Nie była ona w ten sposób zmuszona korzystać w szerokiej mierze z własnych środków ogniowych.

Jest rzeczą prawdopodobną, że sytuacje tego rodzaju nie będą istniały zupełnie w przyszłej walce i że nasze zużycie amunicji będzie znacznie przewyższało zużycie zanotowane w ostatniej wojnie

2. *Zapasy w r. 1914.*

Zużycie przekroczyło jednak bardzo znacznie wszelkie przewidywania. W dniu 1-go sierpnia 1914 r. nasze zaopatrzenie w naboje D, podniosło się do liczby 1,310,000 nabojów, których rozdział był następujący:

390,000,000 w składnicach;
370,000,000 w pułkach;
360,000,000 w parkach;
33,000,000 ogólna rezerwa;
157,000,000 dla bieżących potrzeb.

Przed wojną uważano te zapasy za wystarczające do stoczenia wszystkich wielkich bitew i miały one zabezpieczać w dostatecznej mierze nasze zaopatrzenie w amunicję aż do dziewięćdziesiątego dnia. Aby zabezpieczyć się przed wszelkimi wypadkami, byliśmy zmuszeni odnowić zapasy błyskawicznie. W tym celu posiadały wojskowe wytwórnie amunicji z czasów pokojowych oddzielne części nabo-

jów. Z chwilą mobilizacji były one zmuszone powiększyć stopniowo swą produkcję do 3,600,000 dziennie. Ta ilość powinna była zostać osiągnięta dnia dwudziestego i utrzymana na tym poziomie aż do końca czwartego miesiąca, kiedy wszystkie części wyprodukowane w czasie pokojowym zostaną zużyte. Wówczas produkcja miała pozostać na poziomie 2,500.000 dziennie.

Tak więc wydawałoby się, że dla nabojów przedsięwzięto wszystkie środki ostrożności, jednak nie przewidziano: :

ani marnotrawstwa amunicji na polu bitwy,

ani naszego odwrotu,

ani strat przy transporcie amunicji,

ani zajęcia przez nieprzyjaciela fabryki amunicji w Douai,

ani zamknięcia fabryki nabojów w Bourges, którą musieliśmy naprędce przerobić na produkcję zapalników.

3. *Niektóre liczby produkcji.*

Z powyższych powodów zużycie amunicji podczas pierwszych dwóch miesięcy wojny przekroczyło wszelkie przewidywania. Na szczęście, w październiku 1914 r., wraz z nastaniem walk pozycyjnych, zmniejszyło się natężenie ognia piechoty; w przeciwnym bowiem razie moglibyśmy byli znaleźć się wobec braku amunicji, tym bardziej, że produkcja naszych fabryk amunicji była daleką od osiągnięcia przepisanej ilości 3,600,000 nabojów dziennie.

Do r. 1914 straty wojsk od pocisków piechoty były zawsze znaczniejsze od strat zadanych przez pociski artyleryjskie. Podczas ostatniej wojny stosunek strat stał się odwrotny. Jest to związane ze szczególną postacią wojny (wojną okopową, pozycyjną). Można zauważyć, że w każdym okresie wojny ruchowej zwiększają się straty od ognia piechoty. Podczas ataków na pozycje umocnione artyleria odgrywa główną rolę. Jej baterie strzelają ogromne ilości — piechota strzela mało. Nie posiada ona celu i musi czekać, dopóki pociski artyleryjskie nie dokonają dzieła zniszczenia.

W przyszłej wojnie sytuacja może być inna.

Zamiast 108,000,000, które powinniśmy byli produkować każdego miesiąca, fabryki amunicji dostarczyły tylko:

67,000,000 w sierpniu,
101,000,000 we wrześniu,

105,000,000 w październiku,
98,000,000 w listopadzie,
66,000,000 w grudniu.

Wojny	Wojska	Straty: od pocisków piechoty	Straty: od pocisków artyleryjsk h	
wojna r. 1870—71	francuskie niemieckie	70% 90%	25% 5%	
wojna rosyjsko-japońska	rosyjskie japońskie	86% 85%	14% 9%	
wojna r. 1914—18	francuskie: podczas wojny średnio	23%	65%	walki pozycyjne
	pod Verdun (sierp. 1917)	6%	78%	
	pod Malmaison (paźdz. 1917)	6%	77%	
	w Pikardii (marzec 1918)	34%	52%	wojna ruchowa

Ilość strat może służyć pewną oceną zużycia amunicji.

Nie ma też w tym nic zadziwiającego, że ponieważ zużycie w pierwszych dwóch miesiącach okazało się większe ponad wszelkie obliczenia, nasze zapasy w dniu 1 stycznia 1915 r. nie przekraczały 683,317,000 nabojów. Stan ten miał się w pierwszych miesiącach 1915 r. jeszcze zmniejszyć i spadł znacznie 1-go kwietnia owego roku do minimum, które wyniosło 591,000,000.

Wobec sytuacji tego rodzaju musieliśmy przedsięwziąć pewne środki zaradcze. Pod koniec trzeciego miesiąca trwania działań nieprzyjacielskich osiągnęliśmy stan produkcji wynoszący 3,500,000 nabojów dziennie. Tylko trudności zaopatrzenia w proch, które stanowiły drugą przyczynę zmniejszonej wydajności — zmusiły nas do ograniczenia wytwórczości od grudnia 1914 r. Produkcja spadła do

minimum w marcu 1915; fabryki amunicji dostarczyły w tym miesiącu tylko 40,000,000 nabojów t. zn. 1,300,000 dziennie.

Rozwój broni samoczynnej w naszym wojsku zmusił nas następnie do stopniowego zwiększenia produkcji amunicji piechoty. Osiągnęliśmy produkcję 7,000,000 nabojów dziennie.

Oto do jakiego wyniku doszliśmy w jednym dziale przygotowania wojskowego, pomimo posiadania przez nas znacznych zapasów amunicji. Wypadki absolutnie nie potwierdziły naszych przewidywań.

Narzuca się pytanie: *czy w przyszłej wojnie będzie to samo?*

Co można dzisiaj przewidzieć?

1. *Przyczyny, które wpłyną na zużycie.*

Przede wszystkim, czy możemy rozumować, opierając się na doświadczeniach ostatniej wojny, o zużyciu amunicji piechoty w przyszłej wojnie?

Przypuszczalnie nie. Zużycie amunicji piechoty będzie znacznie większe od zużycia, do którego przyzwyczailiśmy się nawet w ostatnich latach wojny. W rezultacie:

1. Wojna, która wybuchnie w obecnych warunkach, będzie walką, w której artyleria nie będzie odgrywała tej samej roli jak w końcu 1918 r., kiedy po naszej stronie była przewaga artyleryjska

2. Ilość broni zmotoryzowanej zwiększa się bezustannie; jej jedyną racją bytu jest zarzucanie nieosłoniętego przeciwnika deszczem pocisków. Aby się przed nią obronić, posiada piechota tylko jedną możliwość: strzelać do niej z całą szybkostrzelnością broni samoczynnej w nadziei, że jakiś szczęśliwy pocisk trafi w jedną ze szczerbin celowniczych.

3. Młoda piechota nie panuje nad swym ogniem. Będzie ona strzelała, aby się ogłuszyć. Tak nie było wcale z naszym wojskiem ani w 1914 r., kiedy myślało ono tylko o ataku na bagnety, ani w 1918, kiedy przyzwyczaiło się do walki, w której panowało nad swymi odruchami.

4. Ilość broni samoczynnej wzrasta ustawicznie. Jej zużycie amunicji będzie o wiele przewyższało zużycie w r. 1914.

5. Nasza obecna taktyka prowadzi do coraz większego zastosowania tej broni na samym początku bitwy.

6. Nasz system umocnień obronnych będzie posiadał znacze-

nie tylko pod tym warunkiem, że zostanie obficie zaopatrzony w broń samoczynną o dużej wydajności.

2. *Zwiększenie ilości broni samoczynnej.* Pierwsze trzy powody wydają się nam tak oczywiste, iż zbyteczne jest rozwijać ich tutaj. Natomiast, co dotyczy trzech innych powodów — wydaje się nam konieczne poprzeć je niektórymi liczbami dla ustalenia wielkości różnicy, jaka istnieje pomiędzy zużyciem w r. 1914, a prawdopodobnym zużyciem w przyszłej wojnie.

W r. 1914 rozporządzaliśmy na batalion tylko jedną sekcją k. m., którą uważaliśmy jako rezerwę ogniową, i którą oszczędzaliśmy do ostateczności, stosując w ciężkich wypadkach, w ostatecznej potrzebie.

Obecnie posiadamy:

Na batalion: 1 kompanię k. m. składającą się z 16 k. m.;

Na sekcję: 3 ręczne k. m., t. zn. 36 na batalion;

Nasz batalion w r. 1932 rozporządzał więc 52 sztukami broni samoczynnej, w miejsce 2, które posiadał w r. 1914, t. zn. 25 razy więcej.

Nasza piechota dywizyjna (trzy pułki) rozporządza ilością 144 k. m. i 324 ręcznych k. m., które będą w straszny sposób zużywały amunicję.

3. *Przepisy regulaminu.* Będą one powodowały tym większe zużycie, ponieważ obecnie wszystkie armie są zdecydowane stosować broń samoczynną jak najwcześniej. Nasz regulamin piechoty zaleca ich zastosowanie od początku rozpoczęcia walki. Przewiduje on również, że oprócz broni samoczynnej oddanej normalnie do dyspozycji drużynom strzelców, którzy będą działali w pierwszej linii i którzy będą stanowili t. zw. „pluton ogniowy" oraz również oprócz kilku grup k. m., które mogą być wcielone do tego plutonu ogniowego, a które będą się posuwały na linii tych strzelców. aby móc poprzeć ich bezpośrednio (II-a część regulaminu. § 144), — k. m. i broń maszynowa jednostek, które nie będą się znajdowały w pierwszej linii, będą mogły być rzucone naprzód dla poparcia swym ogniem oddziałów prowadzących walkę bezpośrednio. Utworzą one stały czynnik, przed którym rozegra się wybitnie ruchoma walka plutonu ogniowego (II-ga część regulaminu § 150). Te czynniki oznacza się na ogół nazwą „podstawy ognia".

Te k. m., oraz te ręczne k. m. będą zużywały bardzo wielkie ilości amunicji. Normalnie przyjmuje się w rezultacie, że:

Grupa, składająca się z 2 k. m. strzelających na zmianę, może wykonać ogień dłuższy, trwający ponad jedną godzinę, przy szybkostrzelności 100 strzałów na minutę;

Jeden ręczny k. m., który nie może strzelać ponad 400 nabojów bez przerywania strzelania na 10—15 minut, może oddać 100 strzałów na minutę seriami po 3 do 7 strzałów.

4. *Dane doświadczalne.*

Liczby te należy uważać jako przeciętne w normalnej walce i jako minimum w nieco ostrym boju. Przypominamy sobie, że pewne k. m., które stały pod naszymi rozkazami pod Plessiers-de-Roye w marcu 1918 r., oddawały do 9000 strzałów na godzinę na jeden k. m. w bardzo ciężkiej walce oraz że pewne sekcje zużyły 40000 strzałów w czasie jednego dnia walki.

5. *Podstawa obliczenia.*

Pozostawmy na razie umyślnie na uboczu wyjątkowo ciężkie warunki i stosujmy nasze przewidywania tylko do liczb normalnych. Przypuśćmy, że dywizja zastosuje do walki tylko 3-cią część k. m., i jedną piątą jej ręcznych k. m. podczas 6 godzin w ciągu dnia. Mówimy jednak tylko o walce normalnej. Nie zużyje ona mniej niż:

$$\text{K. m.: } \frac{144}{3} \times \frac{6000}{2} \times 6 = \overset{\text{naboje}}{864000}$$

$$\text{Ręczne k. m.: } \frac{324}{5} \times 1200 \times 6 = \underline{466560}$$

$$\text{Razem } 1330560$$

Jeżeli przypuścimy, że tylko 20 dywizyj bierze istotny udział w bitwie, dojdziemy pomimo wszystko do dziennego zużycia nabojów, które wynosi 26,000,000, a przy tym liczba ta, która nie odnosi się do specjalnie ciężkiego dnia walki (co chcemy podkreślić), nie obejmuje:

ani nabojów koniecznych dla lotnictwa;

ani nabojów, które wystrzela kawaleria, k. m. na samochodach, czołgi;

ani nabojów, które zużyje w sposób bardzo rozrzutny obrona przeciwlotnicza;

ani nabojów, które mogą zostać zużyte przez broń samoczynną umieszczoną w fortyfikacjach.

Jesteśmy dalecy od liczby 3.600,000 nabojów, o której sądziliśmy w r. 1913, że powinna ona przedstawiać naszą dzienną produkcję od dwudziestego do dziewięćdziesiątego dnia.

Przewidywania, dotyczące zużycia amunicji przez broń samoczynną organów obrony ustawionych wzdłuż naszej granicy, są również całkowicie niedostateczne. One także będą zużywały amunicję w stopniu bardzo znacznym; w każdym razie zmobilizują one poważne zapasy. W rezultacie mogą one spełniać swoją rolę dając ogień prawie nieprzerwany. Tylko w ten sposób będą mogły zamknąć przejście, zwalczać zbliżanie się npla, strzelać do czołgów. Wobec tego powinny być obficie zaopatrzone. Powinny one stale rozporządzać co najmniej 10-ma godzinami gwałtownego ognia i 10-ma godzinami ognia zmniejszonego na każde umocnienie i na każdą znajdującą się w nich broń samoczynną. Zapasy te mogą się nie przydać na nic, lecz konieczne jest, aby znajdowały się w każdej chwili na miejscu gotowe do użytku. Rzeczywiście zbędną jest rzeczą zagrzebać w ziemię olbrzymie sumy, jeżeli fortyfikacje te nie będą w możności w dniu, kiedy nasze armie zechcą oprzeć się na nich, spełnić swego istotnego zadania, do którego zostały przeznaczone, — bądź to z braku uzbrojenia, bądź też z braku amunicji.

Należy uzupełnić nasze zaopatrzenie w amunicję.

Z tych wszystkich powodów nie możemy przewidywać bardzo obfitego zaopatrzenia w naboje. Musimy również starannie przygotować aż do najmniejszych szczegółów uruchomienie z chwilą wypowiedzenia wojny poważnej produkcji nabojów, ponieważ do przyczyn, które w r. 1914 nie pozwoliły nam wykonać ułożonego przed wojną programu fabrykacji amunicji, do przyczyn, które istnieją zawsze, należy dodać nowe. W rzeczywistości musimy przyznać, że:

po wypowiedzeniu wojny nieprzyjaciel będzie usiłował zniszczyć wszystkie wytwórnie amunicji położone w promieniu działania jego lotnictwa bombardującego;

jego szpiedzy będą usiłowali oczywiście unieruchomić inne;

dowóz surowców do tych zakładów, które będą mogły pracować dalej, będzie bardzo utrudniony;

obrona przeciwlotnicza zarówno frontu jak i tyłów, której zadaniem będzie ochrona obiektów przed nieprzyjacielskimi samolotami, pociągnie za sobą zużycie amunicji, którego rozmiarów prze-

widzieć nie możemy, tym bardziej że większość dział będzie obsługiwana przez mało lub źle wyszkolony personel;

dwa rodzaje amunicji piechoty (naboje 7,5 mm do ręcznego k. m. i niektórych k. m., naboje 8 mm do kb. i zwykłych k. m.) utrudnią zaopatrywanie w amunicję piechoty i spowodują straty, których nie zdołamy określić liczbami.

Wszystkie te rozważania powinny nas doprowadzić do przewidywania nadzwyczaj wysokiego zużycia amunicji piechoty, któremu musimy sprostać niezależnie od czasu trwania wojny. To nas prowadzi niestety do utworzenia olbrzymich zapasów, a w dalszym ciągu do znacznego unieruchomienia kapitałów; jednakże, zwłaszcza przy naszym ujęciu armii wyłącznie obronnej, jest to złem koniecznym, bez którego piechota nasza mogłaby po kilku dniach ciężkich walk znaleźć się w położeniu krytycznym. Pamiętajmy o tym, że wynik wojny może zależeć od utworzenia tych zapasów w czasie odpowiednim.

tłumaczył *Z. M.*

Stan współczesny konstrukcyj działowych. — Wg źródeł francuskich, belgijskich, niemieckich i amerykańskich.

O nowoczesnych konstrukcjach artyleryjskich znaleźć można dużo materiału w prasie wojskowej zagranicznej; część znaczna tych wiadomości umieszczona była również na łamach naszej wojskowej literatury fachowej. Powyższe wiadomości, poza nielicznymi zestawieniami, były przeważnie rozproszone. Podajemy poniżej pewne zwięzłe zestawienie, dotyczące dzisiejszych konstrukcyj najgłówniejszych wytwórni światowych, które to konstrukcje wskazują do jak wysokiego rozwoju doszedł sprzęt artyleryjski od czasu wojny światowej, aby móc sprostać nowym wymaganiom walki przeciwpancernej i obrony przeciwlotniczej oraz aby dostosować się do nowoczesnej taktyki.

Ogólnym dążeniem w rozwoju artylerii jest wzrost mocy dział bez uszczerbku dla ich ruchliwości. Przy danym pocisku osiąga się zwiększenie donośności przez powiększenie szybkości i wydłużenie lufy. Górną granicę donośności ustalają: wymagana długotrwałość lufy, dopuszczalne obciążenie lufy i łoża oraz celność. Według teorii podanej w Revue d'Artillerie (październik 1935 r.) długotrwałość dwóch luf jednakowego kalibru i jednakowo zużytych, lecz o różnej

donośności, wyrażona w ilości strzałów, jakie oddać mogą do chwili zużycia. jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu z szybkości początkowej i odwrotnie proporcjonalna do ciężaru ładunku. Przykład: armata 105 mm o donośności 11 km ($V_0 = 465$ m/s, ład. 1,1 kg) może oddać 20.000 strzałów. W razie zwiększenia donośności do 12 km ($V_0 = 550$ m/s, ład. 1,91 kg), lub do 15 km ($V_0 = 660$ m/s, ład. 2,6 kg), lub do 17 km ($V_0 = 725$ m/s, ład. 3,67 kg) oddać będzie mogła odpowiednio tylko 8200, lub 4182, albo zaledwie 2425 strzałów. Te granice donośności mogą być jednak czasem przekroczone dla chwilowych zadań pobocznych (armaty polowe użyte do obrony plotn.) lub przy krótkotrwającym działaniu (obrona z armat plotn. z donośnością 16.800 m przy $V_0 = 900$ m/s).

Poniższa tabela daje graniczne donośności obliczone wg. teorii zużycia się luf dla trzech głównych kalibrów armat oraz 3 rozwiązania: normalne, lekkie i ciężkie. Stosunek donośności w metrach do ciężaru działa na stanowisku w kg jest miarą oceny mocy działa.

Rozwiązanie normalne.

Kal mm	Poc. kg	Donoś. L w km	V_0 m/s	G_0 na stan. kg	G w marszu kg	$L : G_0$
75	6,5—7,0	12	600	1350	1800	8,9
105	15—16	17	725	3300	3900	5.15
155	44—46	22—23	850	12000	—	$>$ 1,83

Rozwiązanie lekkie.

Kal mm	Poc. kg	L km	V_0 m/s	G_0 kg	G kg	$L : G_0$
75	6,5—7,0	10	575	1000	1500	10.0
105	15—16	15—16	660	2200	2600	$>$ 6,82
155	44—46	18	665	$>$ 8000	—	$<$ 2,25

Rozwiązanie ciężkie.

Kal. mm	Poc. kg	L km	V_0 m/s	G_0 kg	G kg	$L : G_0$
75	6,5—7,0	14	670	1600	2100	8,5
105	15—16	19—20	850	5200	5700	$>$ 3,65
155	44—46	25—26	900	16000	—	$>$ 1,56

Powstałe wskutek wzrostu mocy zwiększenie naprężenia tworzywa lufy podczas strzału starają się utrzymać w granicach dopuszczalnych stosując metodę *samowzmocnienia.* Sprawę szybkiego zużycia się luf armat szybkostrzelnych o dużej szybkości początkowej rozwiązano przez zastosowanie *wymiennych rdzeni,* co stosuje się obecnie w kalibrach od 75 do 155 mm. Rdzeń zużywa się, wg. doświadczeń amerykańskich, po oddaniu 1000 strzałów. Jedną z ostatnich metod jest stosowanie rdzenia wymiennego tylko w pierwszej połowie lufy.

Giętkość balistyczna, tj. możność strzelania z tej samej lufy tym samym pociskiem z bardzo różnymi szybkościami początkowymi, daje się urzeczywistnić tylko kompromisowo. Wobec tego zagadnienie *działa zunifikowanego,* które może być użyte jako armata i jako haubica, nie daje się łatwo rozwiązać. (Przykłady: armata-haubica 85 mm Schneidra lub arm.-hb. 90 mm Bofors). Według określenia gen. Challeata giętkość balistyczna $S = \frac{X_0}{X}$; X — donośność przy 40^0 i V_0 max., X — donośność przy 15^0. Dla haubic $S > 4$, dla armat $S < 3$, pośrednie wartości odnoszą się do armat-haubic i wobec tego hb. 105 mm L/26 Vickers-Armstrong może być również zaliczona do kategorii armat-haubic.

Działka samoczynne kalibru 20 — 25,4 mm szybkostrzelne służą jako działka piechoty i zarazem jako przeciwpancerne i przeciw-lotnicze, a działka piechoty 37—47 mm, stosowane głównie jako przeciw-pancerne, mogą być częściowo użyte również do obrony plotn. (np. arm. 40 mm L/50 Vickersa, arm. 40 mm L/60 Bofors). Są to więc niejako *działka uniwersalne.* Szybkości początkowe działek samoczynnych wynoszą dla granatów i pocisków pancernych 830—1000 m/s, donośności 5000—8500 m, pułapy 2700—5800. Pole ostrzału pionowego

do 85°, poziomego 360°. Przeważnie mają one mechanizmy zamkowe z oddziaływaniem gazów, tylko arm. 25 mm Bofors funkcjonuje na zasadzie odrzutu lufy.

Działka uniwersalne mają szybkości początkowe 400—915 m/s, donośności 3300—8500 m, szybkostrzelność 100—200 na minutę, ciężary wyjątkowo niskie, bo 137—380 kg; działka dostosowane do obrony plotn. są cięższe. Szybkości początkowe są wielostopniowe, np. od 120 do 488 m/s (arm. 47 mm Vickersa).

Działa piechoty 70—76 mm mają szybkości 175—300 m/s, donośności 2000 — 6000 m, ciężary 164—350 kg. Bardzo lekkie jest działo jugosłowiańskie wz. 26, bo waży zaledwie 95 kg. Działka trochę mniejszych kalibrów 46—50 mm przeznaczone są jako towarzyszące kawalerii.

Inne rozwiązanie uniwersalności polega na stosowaniu luf wymiennych: armatnich i haubicowych, kalibrów 25/75 do 47/81 mm. Lufa mniejszego kalibru służy jako armata przeciwpancerna, lufa większego kalibru jest haubicą towarzyszącą. Działa te ważą od 150 — 450 kg i są zwykle rozkładane do transportu. Boczne pole ostrzału do 50°, przy zastosowaniu podłoża — do 360°.

Uniwersalne łoża, korzystne ze względu na wyrób, stosuje się do armat polowych pewnego kalibru (np. w działach firmy Bofors: 70/90, 75/105, 105/127/150 mm). Istnieje też szwedzki typ armaty-moździerza 37/81 mm.

W działach górskich przy szybkościach około 400 m/s osiąga się donośność 8000 — 9000 m, przy ciężarach dział 600—800 kg. Poziome pole ostrzału pozostaje bardzo małe z powodu stosowania przeważnie łoż jednoogonowych, pionowe pole ostrzału sięga przeciętnie do 56°, wyjątkowo od — 10° do + 80° (hb. 75 mm Ansaldo). Działa górskie są rozkładalne na kilka części. Zwykłym kalibrem jest 75 mm, spotyka się też armatę-haubicę z wymiennymi lufami 75/90 mm oraz krótką armatę 105 mm L/12 Schn.

Znaczne poszerzenie poziomego pola ostrzału uzyskano dzięki stosowaniu *łóż rozwieranych*, co pociąga za sobą pewne zwiększenie ciężaru (np. arm. 105 mm L/38 Schn. ma kąt poziomy 50° i waży 3400 kg; arm. 105 mm L/40 Bofors ma kąt 60° i waży 3550 kg. Obie donoszą do 17.000 m.). Zalety tych łóż są oczywiste.

Stosowanie *spawania* w konstrukcji łóż zmniejszyło ich ciężar. Łoża 3 i 4-ro ramienne pozwalają używać armaty polowe do obrony plotn. (typy amerykańskie). Dzięki spawanej konstrukcji łoża ze

stopu glinowego uzyskano stosunkowo niski ciężar dla uniwersalnej armaty kalibru 75 mm, bo 2630 kg, a nacisk jej na grunt nie przekracza 0,6 kg/cm^2. Działa plotnicze mają łoża kolumnowe.

Wypada wspomnieć o powiększeniu pionowego pola ostrzału w armatach i wskutek tego odsunięciu czopów kołyski ku tyłowi; o zmiennej wysokości linii ognia (oś wykorbiona), o samoczynnych dosyłaczach pocisków i samoczynnym wycieraniu luf, o wyrównywaniu skośnego ustawienia kół, zastosowaniu łożysk kulkowych i wałkowych.

Oporopowrotniki pracują zwykle z pomocą ściśnionego powietrza lub azotu, rzadziej przy użyciu sprężyn. Wysokie szybkości początkowe i szybkostrzelności wywołują prędkie zmęczenie sprężyn powrotnych i oporników. Celem ich odciążenia i skrócenia odrzutu zastosowano *oporniki wylotowe*, które pozwalają zwiększyć moc działa bez powiększenia jego ciężaru. Te oporniki czyli hamulce wylotowe wprowadziły różne firmy (Soleure, Bofors, Schneider, Kongsberg).

Wskutek wzrostu mocy i nieuniknionego wzrostu ciężaru *motoryzacja* stała się koniecznością. Dotyczy to przede wszystkim armat przeciwlotniczych, lecz i dla średnich oraz ciężkich kalibrów polowych ciąg koński nie wystarcza. Dzięki transportowi na wieloosiowych wozach oraz przez zastosowanie podwójnych kół, nacisk na teren jest nieznaczny (np. armata 75 mm plotn. ważąca 8000 kg daje nacisk 3,9 km/cm^2, inna armata 75 mm plotn. ważąca 2650 kg daje nacisk zaledwie 0,5 kg/cm^2). Uderzenie w czasie jazdy szybkiej tłumi się z pomocą obręczy gumowych pełnych lub dętych oraz elastycznych zawieszeń łożysk osiowych i niezależnych kół. Pionierami w motoryzacji artylerii są Stany Zjednoczone i Anglia. Przewóz dział odbywa się na ciężarówkach lub na przyczepkach z pomocą ciągników kołowych lub gąsienicowych, lub na łożach motorowych (zwłaszcza dla dział plotn. i ppanc.).

Najwięcej używanym kalibrem *armat polowych* jest 75 mm, wyjątek stanowi arm. 83 mm Szkody. Szybkości początkowe wynoszą 600—750 m/s, donośności średnio 13.000 m z górną granicą 14.500 m (Bofors, Schneider). Armata 83 mm ma donośność 20.000 m. Pionowe pole ostrzału dochodzi do 45^0 (w arm. 75 mm amer. do 80^0). Poziome pole ostrzału w łożach jednoogonowych wynosi zaledwie do 10^0 (w arm. 75 mm belg. do 20^0), w łożach rozwieranych dwuogonowych do 60^0 (wyjątkowo do 80^0), w łożach krzyżowych do 360^0

Ciężary na stanowisku tych dział są 1340-1780 kg (arm. 75 mm L/19 Schn. waży 780 kg i jest przeznaczona dla artylerii konnej). Najnowszym działem amerykańskim jest znormalizowana armata dywizyjna 75 mm przerobiona z polówki francuskiej wz. 97; posiada ona podniesienie do 45° (poprzednio do 18°), co daje donośność 13.650 m; pozioma pole ostrzału wynosi obecnie 85° (poprzednio około 6°), co daje możność ostrzeliwania frontu około 18 km. Długotrwałość łoża odpowiada 80.000 strzałów, koszt zaś nowego łoża równa się cenie 10.000 strzałów, — korzyść w uzyskaniu skuteczniejszej broni jest widoczna (Rys.: obecna i poprzednia polówka).

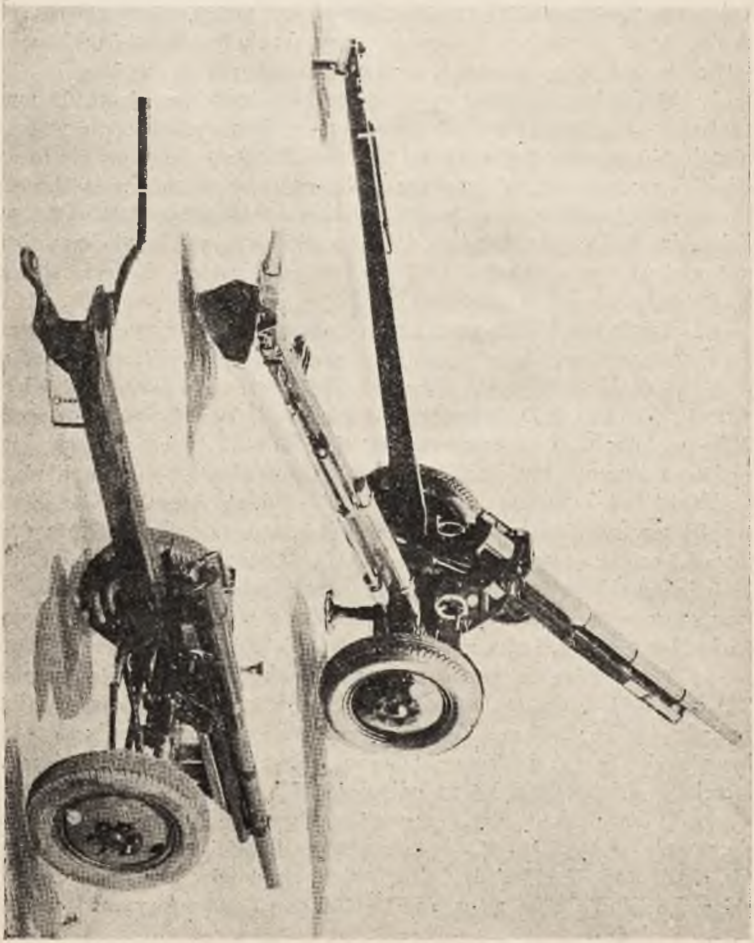
W haubicach polowych powszechnym kalibrem jest 105 mm (norweska hb. ma 120 mm). Szybkości początkowe mieszczą się w granicach 410—610 m/s, donośności 8500 — 13.700 m, kąty podniesienia do 45°, czasem do 65°, poziome pole ostrzału jak w armatach: od 9° do 360° (podłoża, łoża krzyżowe). Ciężary od 1360—2200 kg (hb. Schneidra L/12 waży 870 kg). Haubica 105 mm L/22 belgijska o donośności 11 km i ciężarze 1530 kg jest zbudowana korzystnie, bo $L : G_0 = 7$.

Działa ciężkie są przeważnie dostosowane do ciągu motorowego, łoża mają prawie wyłącznie rozwierane. Armaty 105 mm mają donośności 17 — 20 km (V_0 = 725—850 m/s), ważą 3400 — 5000 kg. Armata 105 mm L/38 Schn. może posiadać szybkości początkowe od 250 — 735 m/s; przy zastosowaniu w ładunkach prochu żywego lub leniwego. Armaty 150 i 155 mm mają długości luf 31 — 50 kalibrów, szybkości 655 — 910 m/s, donośności 18 — 26 km. Amer. arm. 155 mm wz. 20 ma łoże 3 osiowe (2 osie pod łożem, 1 oś pod ogon łoża dla marszu, czyli gra rolę przodka). Zwykle działa te są rozkładalne na 2—3 jednostki do transportu, mogą jednak być przewożone w całości na motorowych łożach gąsienicowych. Wśród ciężkich haubic przeważa kaliber 149 i 155 mm z donośnością 12—15 km.

Z *najcięższych armat* polowych zasługuje na uwagę armata 240 mm L/51 Schn. o donośności 52 km, która dla pocisku 165 kg posiada V_0 = 1065 m/s. Wszelkie manipulacje przy tym dziale odbywają się drogą elektromechaniczną. Amer. arm. kolejowa 406 mm strzela pociskiem 1000 kg na odległość 27 km.

W konstrukcji *armat przeciwlotniczych* widoczne jest dążenie do wzrostu pułapu (12—13 km), szybkostrzelności, celności i skrócenia czasu martwego (między określeniem elementów strzału a rozpryskiem pocisku). Nowa amer. armata 105 mm „stratosferyczna" osiąga

podobno pułap 16 km. Wysoka szybkostrzelność uwarunkowana jest faktem, że armata plotnicza może mieć pod swym ogniem samolot myśliwski lecący z szybkością 400 km/g na wysokości 7 km tylko w przeciągu 45 sekund, a samolot bombardujący lecący z szybkością 300 km/g w ciągu 1 minuty. Strzelanie plotnicze jest obecnie wyłącz-



nie pośrednim przy użyciu wyliczników plotniczych i elektrycznego przekazywania elementów ognia na działa (dalocelowanie i nawet daloporuszanie).

Broń przeciwlotnicza artyleryjska przedstawia sobą różne typy: od samoczynnych i półsamoczynnych armatek maszynowych 37—47 mm, przez kaliber średnich armat 75, 80 i 90 mm do kalibrów ciężkich 105 i 119 mm. Szybkości początkowe armatek 37—47 mm wynoszą 720—1000 m/s, szybkostrzelność 100—120 na minutę. Kąty podniesienia do 85°, i okólne pole ostrzału poziomego.

Mniejsze kalibry bywają sprzężone na jednej podstawie (20 mm syst. Scotti ma 8 sztuk razem). Armaty 75 mm o długości luf 40—60 kalibrów mają szybkości 600—900 m/s, kąty podniesienia do 90° i również okólne pole ostrzału poziomego. Ciężary ich wynoszą 3000—8000 kg. Wyjątkowo lekkie są: amer. arm. 3" wz. 23 E ważąca 1950 kg oraz norweska 75 mm wz. 32. która waży 1060 kg, a które przy donośnościach 13 i odpowiednio 15 km dają stosunek $L : G_0 = 6{,}66 — 7{,}6$, podczas gdy w innych armatach plotn. wypada 3—5, a w armacie belgijskiej 75 mm *L*/52 wz. 27 wynosi zaledwie 1,24 (ciężar 7930 kg, donośn. 9800 m). Donośności armat plotn. średnich wynoszą 13.000—16.800 m, wyjątkowo mniej; pułapy wynoszą w nowszych typach 8300—10.600 m, szybkostrzelność 20—30 na minutę (zamki półsamoczyne). Łoża 3 4-ro ramienne, przewóz siłą motorową, ewent. z zastosowaniem gąsienic.

Grupa armat kalibru 80—90 mm osiąga donośn. do 15.300 m; armata 83,5 mm *L*/55 czeska ma donośność 18 000 m i pułap 13.100 m. Armata 105 mm plotn. Bofors posiada urządzenie do samoczynnego ładowania z pomocą zbiornika hydrauliczno-powietrznego sprężanego w czasie odrzutu, podobne urządzenie służy do nastawiania zapalników [1]).

W. V.

---

[1]) W Nrze 9 36 r. czasopisma „Wehrtechnische Monatshefte" podano wykaz 149 nowszych dział od 20 do 355 mm wraz z ich charakterystycznymi cechami konstrukcyjnymi i balistycznymi.

KOMUNIKAT.

DAWNE HUTNICTWO POLSKIE.

Sekcja Ochrony Zabytków Sztuki Inżynierskiej w Polskim Zagłębiu Węglowym przy Muzeum Techniki i Przemysłu opublikowała ostatnio pracę inż. S. Płuszczewskiego p. t. *„Literatura polskiego hutnictwa do połowy XIX wieku"*, Katowice 1936. Broszura omawia książki i artykuły dotyczące dawnego hutnictwa polskiego i zawiera wiele ciekawych, szerszemu ogółowi nieznanych szczegółów.

Z treści broszury wynika, że — przy dużej ilości drobnych pozycyj — w literaturze naszej brak szerszych nowoczesnych opracowań przedmiotu.

OMYŁKI W DRUKU.

W Nr. 34 Wiad. Techn. Uzbr. na str. 595 wypuszczono 1-szy wiersz tablicy, który określa rodzaje omawianych działek jak następuje:

1. 20 mm Solothurn, 2. 20 mm Madsen, 3. 20 mm Oerlikon typ S, 4. 20 mm Oerlikon typ Z, 5. 20 mm Holend. Tow. Handlu, 6. 20 mm Vickers-Armstrong, 7. 25 mm Hotchkiss, 8. 25 mm Bofors, 9. 37 mm Solothurn, 10. 37 mm Vickers-Armstrong, 11. 37 mm Driggs, 12. 40 mm Vickers, 13. 40 mm Bofors.

W wierszu 2-im zamiast „pocisk kg" ma być „pocisk g".

Adres Redakcji: Warszawa, Ludna 13, Inst. Techn. Uzbr. tel. 9-22-03.

Adres Administracji: Warszawa, Marszałkowska 26. Dep. Art. M. S. Wojsk. tel. wewn. 2383.

Warunki prenumeraty „Przeglądu Artyleryjskiego" wraz z dodatkiem kwartalnym „Wiadomości Techniczne Uzbrojenia": rocznie 20 zł. 40 gr., Nr. pojedyńczy 1 zł. 70 gr. — Konto P.K.O. Nr. 5454.

6631 Drukarnia Gospodarcza, Warszawa, Al. Jerozolimskie 79. Tel. 8-84-12, 8-28-02.

6631 Drukarnia Gospodarcza, Warszawa, Al. Jerozolimskie 79. Tel. 8-84-12, 8-28-02.